

10.11.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

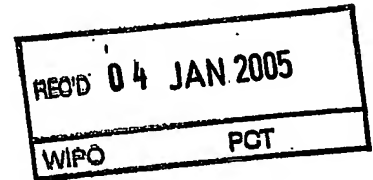
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年11月25日

出願番号
Application Number: 特願2003-393937
[ST. 10/C]: [JP 2003-393937]

出願人
Applicant(s): オリンパス株式会社

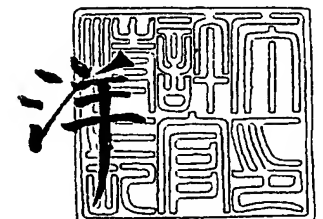


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年12月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 03P02345
【提出日】 平成15年11月25日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 15/177
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
 【氏名】 南方 寛之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
 【氏名】 池町 大
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
 【氏名】 足立 要人
【特許出願人】
 【識別番号】 000000376
 【氏名又は名称】 オリンパス株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097777
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 菰澤 弘
【選任した代理人】
 【識別番号】 100088041
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 阿部龍吉
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092495
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 蛭川昌信
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092509
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 白井博樹
【選任した代理人】
 【識別番号】 100095120
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内田亘彦
【選任した代理人】
 【識別番号】 100095980
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 菅井英雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100094787
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青木健二
【選任した代理人】
 【識別番号】 100091971
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 群と、正の屈折力を有する第 2 群と、正の屈折力を有する第 3 群と、正の屈折力を有する第 4 群とから構成された変倍光学系であって、少なくとも 1 枚のレンズが、成形後において少なくとも光学機能面を含む面となる第 1 の素材と、成形後において少なくとも光学機能面を含む面以外の面となる第 2 の素材とを用いて成形され、前記第 1 の素材と前記第 2 の素材とが一体化された一体レンズからなることを特徴とする変倍光学系。

【請求項 2】

前記第 2 の素材が遮光性を有するものであることを特徴とする請求項 1 記載の変倍光学系。

【請求項 3】

前記第 2 の素材が、金属、サーマット又はセラミックスであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の変倍光学系。

【請求項 4】

光学系を構成する少なくとも 1 つの光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項記載の変倍光学系。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載の変倍光学系と、その像側に配された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】変倍光学系及びそれを用いた電子機器

【技術分野】

【0001】

本発明は、変倍光学系及びそれを用いた電子機器に関するものであり、特に、コンパクトな変倍光学系、及び、そのような変倍光学系を用いた電子機器に関する。この電子機器には、例えば、デジタルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、携帯電話、情報携帯端末がある。

【背景技術】

【0002】

近年、PDAと呼ばれる情報携帯端末や携帯電話が爆発的に普及してきている。これらの機器には、デジタルカメラの機能や、デジタルビデオの機能が付加されたものもある。これらの機能を実現するために、撮像素子として、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサーが使われている。このような機器を小型化するには、受光面の有効エリアが比較的小さい撮像素子を使うのが良い。この場合、光学系の性能を高性能に保ったままで、小型化と低コスト化の両立が必要となる。このとき、小型化への取り組みとしては、レンズ枚数の削減が行われている。一方、工数の削減による低コスト化への取り組みとしては、例えば特許文献1に、レンズホルダ内にレンズを加圧成形する製造法が提案されている。

【0003】

光学系を構成するレンズ枚数を削減するには、非球面レンズを用いることが必要となる。この非球面レンズの作製には、一般にプリフォームを加熱軟化状態で押圧して成形する加工法（以下、従来の加工法とする。）が用いられている。この従来の加工法では、必要外径よりもやや大きく成形し、心取り（外径丸め）を行ってレンズ鏡枠に組み込むようになっている。そのため、例えば正レンズを成形するには、必要外径での外周部厚さは心取り時の外周部厚さよりも厚くなってしまう。また、小型化のためにレンズ枚数を削減すると、正レンズを含めた各レンズの屈折力は大きくなるので、レンズの肉厚も厚くなる。そのため、心取り時の外周部厚さを確保する必要から、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなってしまう、小型化の効果が十分得られるとは言えない。

【0004】

一方、特許文献1では、小型化について述べられていないだけでなく、小型化するための条件についても述べられていない。

【特許文献1】特開昭61-114822号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、低コスト化と小型化との両立が効果的に可能な変倍光学系とそれを用いた電子機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成する本発明の第1の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群と、正の屈折力を有する第4群とから構成された変倍光学系であって、少なくとも1枚のレンズが、成形後において少なくとも光学機能面を含む面となる第1の素材と、成形後において少なくとも光学機能面を含む面以外の面となる第2の素材とを用いて成形され、前記第1の素材と前記第2の素材とが一体化された一体レンズからなることを特徴とするものである。

【0007】

本発明の第1の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。

【0008】

負の屈折力レンズ群・正の屈折力のレンズ群・正の屈折力のレンズ群・正の屈折力のレンズ群の順で構成された変倍光学系は、少ないレンズ枚数で光学系を構成できる。よって、このような光学系は、光学系の小型化・低コスト化に向いている。そして、一体レンズを用いることで、光学系をさらに小型化できる。これは、一体レンズでは、従来の加工法と比べると、心取り時の外周分厚さを確保する必要がなくなるからである。この点について、説明する。

【0009】

従来の加工法では、心取りを行うことを前提としていた。そのため、心取りを行う前のレンズの外周部には、ある程度の厚み（コバ厚）が必要であった。よって、従来のレンズは、中心肉厚（中心部の厚み）の厚いレンズになっていた。これに対して、本発明の第1の変倍光学系に用いられる一体レンズは、コバ厚の薄いレンズである。そのため、光学系の全長を短縮することができる。また、従来の加工法では、正レンズのパワーを大きくすればする程、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなっていた。これに対して、本発明の第1の変倍光学系では、心取り時の外周分厚さを確保する必要がない。よって、正レンズのパワーが大きくなればなる程、小型化の効果は大きくなると言える。

【0010】

また、このような一体レンズは、取り扱いが容易なので、変倍光学系の製造にかかるコストを削減することができる。

【0011】

なお、本発明のこのような変倍光学系においては、少なくとも、第1群は物体側に凹形状の軌跡を描くように移動させ、第2群は物体側に移動させながら広角端から望遠端への変倍が行われる。もちろん、その際に第3群、第4群も移動させながら変倍を行うようにしてもよい。

【0012】

本発明の第2の変倍光学系は、第1の変倍光学系において、前記一体レンズが他のレンズと接合されていることを特徴とするものである。

【0013】

本発明の第2の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。このように、一体レンズと他のレンズを接合することにより、個々のレンズを独立に組むよりも偏心感度（偏心誤差）を小さくできる。よって、光学系の組み立てが容易になり、低コスト化につながる。

【0014】

本発明の第3の変倍光学系は、第1、第2の変倍光学系において、前記一体レンズの少なくとも1つの光学機能面が非球面である非球面一体レンズであることを特徴とするものである。

【0015】

本発明の第3の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。このような非球面を用いることで、諸収差を抑えることができる。その結果、全系のレンズ枚数を削減することができる。また、光学系の低コスト化、及び小型化ができる。

【0016】

本発明の第4の変倍光学系は、第1～第3の変倍光学系において、前記第1群が少なくとも1枚の正レンズを有することを特徴とするものである。

【0017】

本発明の第4の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1群は負のパワーを持つため、少なくとも1枚の負レンズを有している。そこで、この第1群に正レンズを含むことによって、変倍に伴う球面収差やコマ収差・倍率色収差等の諸収差の変動を抑制することができる。

【0018】

本発明の第5の変倍光学系は、第1～第4の変倍光学系において、前記第1群の最も物体側に負レンズを有することを特徴とするものである。

【0019】

本発明の第5の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。このようにすると、第1群のレンズ有効径や、レンズ全長を短縮することができる。

【0020】

本発明の第6の変倍光学系は、第1～第5の変倍光学系において、前記第1群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とするものである。

【0021】

本発明の第6の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1群のレンズは有効径が大きいため、必要とする体積も大きくなる。そこで、第1群のレンズに一体レンズを用いることで、光学材料の体積を小さくすることができる。その結果、コストを削減することができる。

【0022】

また、レンズ自体の体積も小さくなるので、光学系を小型化できる。また、一体レンズは取り扱いが容易なので、光学系の製造にかかるコストを削減できる。

【0023】

本発明の第7の変倍光学系は、第6の変倍光学系において、前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とするものである。

【0024】

本発明の第7の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。倍率色収差等の補正のためには、第1群に正レンズを配置するのが好ましい。そこで、この正レンズを一体レンズとすることで、正レンズのコバ厚を薄くでき、全長を短縮することができる。

【0025】

また、第1群の正レンズには、倍率色収差や望遠端での球面収差等の補正のために、高屈折率高分散の光学材料を用いるのが好ましい。ただし、一般に、高屈折率高分散の光学材料はコストがかかる。しかも、それだけでなく、第1群の正レンズは有効径が大きいため、必要とする体積も大きくなる。そこで、この正レンズを一体レンズとすることで、正レンズに必要な光学材料の体積を小さくできる。よって、コストを削減できる。また、レンズ自体の体積も小さくなるので、光学系を小型化できる。

【0026】

本発明の第8の変倍光学系は、第7の変倍光学系において、前記第1群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0027】

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 1.5 \quad \dots (1)$$

ただし、HH1：第1群正レンズの主点間隔(mm)、

$\phi 1$ ：第1群正レンズの屈折力、

である。

【0028】

本発明の第8の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1群の最も物体側に負レンズを配置すると、倍率色収差が発生する。この倍率色収差等を少ないレンズ枚数、すなわち低コストで補正するためには、第1群に大きなパワーの正レンズを有するのが好ましい。ところが、従来の加工法では、レンズを必要外径よりもやや大きく成形し、心取り（外径丸め）を行ってレンズ鏡枠に組み込む。そのため、正レンズを成形するにあたって、必要外径での外周部厚さは、心取り時の外周部厚さよりも厚くなってしまふ。さらに、正レンズのパワーを大きくすると、心取り時の外周部厚さを確保する必要性から、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなってしまふ。その結果、低コストと小型化との両立が難しくなる。しかし、第1群の正レンズを一体に成形することで、必要外径より大きく成形する必要がなくなる。また、条件式(1)を満たすことで、大きなパワーを、薄いレンズで実現できる。そのため、低コスト化と小型化とを同時に達成することができる。

【0029】

条件式(1)の下限の0.1を下回ると、主点間隔に比してパワーが大きすぎる。そのため、偏心感度も大きくなり、光学性能を保ち難くなる。また、上限の10を越えると、主点間隔に比してパワーが小さい。そのため、第1群の負レンズで発生した倍率色収差等を補正しきれなくなってしまう。あるいは、倍率色収差等を補正するために、レンズ枚数が多くなってしまう。

【0030】

さらに、以下の条件式(1-2)を満たすのが好ましい。この場合、低コストのまま、光学系を小型にできる。

【0031】

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 7 \quad \dots (1-2)$$

さらに、以下の条件式(1-3)を満たすのがより好ましい。この場合、低コストのまま、光学系をより小型にできる。

【0032】

$$1 < HH1 / \phi 1 < 4 \quad \dots (1-3)$$

本発明の第9の変倍光学系は、第6～第8の変倍光学系において、前記第1群の少なくとも1枚の前記一体レンズが他のレンズと接合されていることを特徴とするものである。

【0033】

本発明の第9の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1群にこのような接合レンズを含むことで、偏心感度を小さくできる。そのため、光学系の組み立てが容易になり、低コスト化につながる。

【0034】

本発明の第10の変倍光学系は、第6～第8の変倍光学系において、前記第1群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とするものである。

【0035】

本発明の第10の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。本発明の変倍光学系の広角端では、第1群での光束径が大きい。そこで、第1群に少なくとも1面の非球面を含むようにする。このようにすることで、球面収差やコマ収差等の軸外収差を、より少ないレンズ枚数で良好に補正することができる。よって、光学系の小型化・低コスト化が実現できる。

【0036】

また、望遠端では、第1群での光束径は大きい。そこで、第1群に少なくとも1面の非球面を含むことで、球面収差やコマ収差等を、より少ないレンズ枚数で良好に補正することができる。この場合も、光学系の小型化、低コスト化が実現できる。

【0037】

本発明の第11の変倍光学系は、第1～第10の変倍光学系において、前記第2群が少なくとも1枚の負レンズを有することを特徴とするものである。

【0038】

本発明の第11の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2群は正のパワーであるため、少なくとも1枚の正レンズを有している。そこで、負レンズを含むことによって、変倍に伴うコマ収差や非点収差・軸上色収差等の諸収差の変動を抑制できる。

【0039】

本発明の第12の変倍光学系は、第1～第11の変倍光学系において、前記第2群の最も物体側に正レンズを有することを特徴とするものである。

【0040】

本発明の第12の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2群では、負パワーの第1群で発散した光を収束する必要がある。そこで、最も物体側のレンズは、正レンズであることが好ましい。

【0041】

本発明の第13の変倍光学系は、第1～第12の変倍光学系において、前記第2群の最も像側に負レンズを有することを特徴とするものである。

【0042】

本発明の第13の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2群の最も像側を負レンズとすることで、以下のような効果が得られる。(1)主点位置が第1群側に移動することから、第1群と第2群の主点間隔が短縮できる。その結果、レンズ全長の短縮ができる。(2)第2群の倍率を大きくできるので、変倍に伴う第2群の移動量を小さくできる。その結果、全長の短縮ができる。

【0043】

本発明の第14の変倍光学系は、第1～第13の変倍光学系において、前記第2群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有し、該一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とするものである。

【0044】

本発明の第14の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。正レンズを一体レンズとすることで、正レンズのコバ厚を薄くできる。その結果、全長を短縮することができる。

【0045】

また、第2群の正レンズには、軸上色収差・球面収差・非点収差等の抑制のために、高屈折率低分散の光学材料を使うのが好ましい。ところが、一般に高屈折率低分散の光学材料はコストがかかる。そこで、この正レンズを一体レンズとすることで、正レンズに必要な光学材料の体積を小さくすることができる。よって、コストを削減できるので、好ましい。

【0046】

また、レンズ自体の体積も小さくなるので、光学系を小型化できる。また、その一体レンズは取り扱いが容易なので、変倍光学系の製造にかかるコストを削減することができる。

【0047】

本発明の第15の変倍光学系は、第14の変倍光学系において、前記第2群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0048】

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (2)$$

ただし、HH2:第2群正レンズの主点間隔(mm)、

$\phi 2$:第2群正レンズの屈折力、

である。

【0049】

本発明の第15の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2群に配置された正レンズのパワーを大きくすることで、第2群の移動距離を短縮できる。これは、レンズ全長の短縮につながる。ところが、従来の加工法では、レンズを必要外径よりもやや大きく成形し、心取り(外径丸め)を行ってレンズ鏡枠に組み込む。そのため、正レンズを成形するにあたって、必要外径での外周部厚さは、心取り時の外周部厚さよりも厚くなってしまふ。さらに、正レンズのパワーを大きくすると、心取り時の外周部厚さを確保する必要性から、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなってしまふ。その結果、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立は難しくなる。しかし、この正レンズを一体に成形することで、必要外径より大きく成形する必要がなくなる。また、条件式(2)を満たすことで、大きなパワーを、薄いレンズで実現できる。そのため、より一層の小型化を実現できる。

【0050】

条件式(2)の下限の0.1を下回ると、主点間隔に比してパワーが大きすぎる。そのため、偏心感度も大きくなり、光学性能を保ち難くなる。また、上限の10を越えると、

主点間隔に比してパワーが小さい。そのため、第2群の移動量が短縮できなくなる。その結果、レンズ全長が大きくなる。

【0051】

さらに、以下の条件式(2-2)を満たすのが好ましい。この場合、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立が達成できる。

【0052】

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 2 \quad \dots (2-2)$$

さらに、以下の条件式(2-3)を満たすのがより好ましい。この場合、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立が、より達成しやすくなる。

【0053】

$$1 < HH2 / \phi 2 < 1.5 \quad \dots (2-3)$$

本発明の第16の変倍光学系は、第14、第15の変倍光学系において、前記第2群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とするものである。

【0054】

本発明の第16の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1群に入射した光束は、負の屈折力を有する第1群により、光束径が広げられる。そのため、第2群での光束径は大きくなる。そこで、第2群に少なくとも1面の非球面を含むことで、変倍に伴う球面収差やコマ収差等の諸収差の変動を、より少ないレンズ枚数で良好に補正することができる。よって、光学系の小型化・低コスト化が実現できる。

【0055】

本発明の第17の変倍光学系は、第1～第16の変倍光学系において、前記第3群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とするものである。

【0056】

本発明の第17の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第3群のレンズは有効径が大きいために、レンズに必要な光学材料の体積も大きくなる。そこで、第3群のレンズに一体レンズを用いることで、その光学材料の体積が小さくなる。よって、コストを削減できる。また、一体レンズは取り扱いが容易なので、変倍光学系の製造にかかるコストを削減することができる。

【0057】

本発明の第18の変倍光学系は、第17の変倍光学系において、前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有する正レンズであることを特徴とするものである。

【0058】

本発明の第18の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。正レンズを一体レンズとすることで、正レンズのコバ厚を薄くでき、全長を短縮できる。また、第3群の正レンズは有効径が大きいため、レンズに必要な光学材料の体積も大きくなる。そこで、この正レンズを一体レンズとすることで、その光学材料の体積が小さくなる。よって、コストを削減できる。

【0059】

本発明の第19の変倍光学系は、第18の変倍光学系において、前記第3群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0060】

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 2.0 \quad \dots (3)$$

ただし、HH3：第3群正レンズの主点間隔(mm)、

$\phi 3$ ：第3群正レンズの屈折力、

である。

【0061】

本発明の第19の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第3群の正レンズのパワーを大きくすることは、第3群全体のパワーを大きくすることにつながる。第3群の正レンズのパワーを大きくすることで、次のような効果が得られる。(

1) 広角端での射出瞳位置を像面から遠ざけることができるので、像側テレセントリック性の確保が容易になる。(2) 第3群を合焦時に光軸方向に沿って移動する場合、移動範囲を小さくできる。この場合、第2群との間隔は小さくてよいので、全長を削減できる。

【0062】

ところが、従来の加工法では、レンズを必要外径よりもやや大きく成形し、心取り(外径丸め)を行ってレンズ鏡枠に組み込む。そのため、正レンズを成形するにあたって、必要外径での外周部厚さは、心取り時の外周部厚さよりも厚くなってしまう。さらに、正レンズのパワーを大きくすると、心取り時の外周部厚さを確保する必要性から、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなってしまう。その結果、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立は難しくなる。しかし、この正レンズを一体に成形にすれば、必要外径より大きく成形する必要がなくなる。また、条件式(3)を満たすことで、大きなパワーを、薄いレンズで実現できる。そのため、より一層の小型化を実現できる。

【0063】

条件式(3)の下限の0.1を下回ると、主点間隔に比してパワーが大きすぎるために偏心感度も大きくなり、光学性能を保ち難くなる。上限の20を越えると、主点間隔に比してパワーが小さいので、広角端での射出瞳位置が像面に近づいてしまう。その結果、像側テレセントリック性を確保できなくなるので、好ましくない。

【0064】

さらに、以下の条件式(3-2)を満たすのが好ましい。この場合、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立が達成できる。

【0065】

$$0.5 < HH3 / \phi 3 < 8 \quad \dots (3-2)$$

さらに、以下の条件式(3-3)を満たすのがより好ましい。この場合、レンズ全長の短縮と各レンズの小型化の両立が、より達成しやすくなる。

【0066】

$$1 < HH3 / \phi 3 < 5 \quad \dots (3-3)$$

本発明の第20の変倍光学系は、第17～第19の変倍光学系において、前記第3群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とするものである。

【0067】

本発明の第20の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。本発明のタイプの変倍光学系は、広角端では第3群での光束径は大きい。そこで、第3群に少なくとも1面の非球面を含むようにする。このようにすることで、変倍に伴う球面収差やコマ収差等の諸収差の変動を、より少ない枚数で良好に補正することができる。よって、光学系の小型化・低コスト化が実現できる。

【0068】

本発明の第21の変倍光学系は、第1～第20の変倍光学系において、前記第4群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とするものである。

【0069】

本発明の第21の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第4群のレンズは有効径が大きいために、レンズに必要な光学材料の体積も大きくなる。そこで、第4群のレンズに一体レンズを用いることで、その光学材料の体積が小さくなる。よって、コストを削減できる。また、一体レンズは取り扱いが容易なので、変倍光学系の製造にかかるコストを削減することができる。

【0070】

本発明の第22の変倍光学系は、第21の変倍光学系において、前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とするものである。

【0071】

本発明の第22の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。正

レンズを一体レンズとすることで、正レンズのコバ厚を薄くできる。よって、レンズ系の全長を短縮することができる。

【0072】

また、第4群のレンズは有効径が大きいために、レンズに必要な光学材料の体積も大きくなる。そこで、第4群のレンズに一体レンズを用いることで、その光学材料の体積が小さくなる。よって、コストを削減できる。

【0073】

本発明の第23の変倍光学系は、第22の変倍光学系において、前記第4群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0074】

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 20 \quad \dots (4)$$

ただし、HH4：第4群正レンズの主点間隔(mm)、

$\phi 4$ ：第4群正レンズの屈折力、

である。

【0075】

本発明の第23の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第4群の正レンズのパワーが大ききくすることは、正のパワーを持つ第4群のパワーを大きくすることにつながる。よって、全長を短縮できる。また、第4群の正レンズのパワーを大きくすることで、広角端での射出瞳位置を、像面から遠ざけることができる。よって、像側テレセントリック性の確保が容易になる。ところが、従来の加工法では、レンズを必要外径よりもやや大きく成形し、心取り(外径丸め)を行ってレンズ鏡枠に組み込む。そのため、正レンズを成形するにあたって、必要外径での外周部厚さは、心取り時の外周部厚さよりも厚くなってしまふ。さらに、正レンズのパワーを大きくすると、心取り時の外周部厚さを確保する必要性から、必要外径での外周部厚さはさらに厚くなってしまふ。その結果、低コストと小型化との両立が難しくなる。しかし、この正レンズを一体レンズとすることで、必要外径より大きく成形する必要がなくなる。また、条件式(4)を満たすことで、大きなパワーを薄いレンズで実現できるため、より一層の小型化を実現できる。

【0076】

条件式(4)の下限の0.1を下回ると、主点間隔に比してパワーが大きすぎる。そのため、偏心感度も大きくなり、光学性能を保ち難くなる。また、上限の20を越えると、主点間隔に比してパワーが小さい。そのため、広角端での射出瞳位置が像面に近づいてしまふ、像側テレセントリック性を確保できなくなる。

【0077】

さらに、以下の条件式(4-2)を満たすのが好ましい。この場合、レンズ全長の短縮、像側テレセントリック性確保及び各レンズの小型化の両立が達成できる。

【0078】

$$0.5 < HH4 / \phi 4 < 8 \quad \dots (4-2)$$

さらに、以下の条件式(4-3)を満たすのがより好ましい。この場合、レンズ全長の短縮、像側テレセントリック性確保及び各レンズの小型化の両立が、より達成しやすくなる。

【0079】

$$1 < HH4 / \phi 4 < 5 \quad \dots (4-3)$$

本発明の第24の変倍光学系は、第21～第23の変倍光学系において、前記第4群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とするものである。

【0080】

本発明の第24の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。広角端では、第4群での光束径は大きい。そこで、第4群に少なくとも1面の非球面を含むことで、変倍に伴う球面収差やコマ収差等の諸収差の変動をより少ない枚数で良好に補正できる。すなわち小型・低コストが好ましい。

【0081】

本発明の第25の変倍光学系は、第1～第24の変倍光学系において、少なくとも1枚の前記一体レンズの最薄部厚さが以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0082】

$$0.1\text{ mm} < t < 0.5\text{ mm} \quad \dots (5)$$

ただし、 t ：一体レンズの最薄部厚さ、である。

【0083】

本発明の第25の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。一体レンズの最薄部の厚さを小さくすると、レンズを小さく成形できる。その結果、レンズ全長の短縮ができる。そこで、条件式(5)を満たすことで、光学性能を保ちながら小型化が実現できる。条件式(5)の下限の0.1mmを下回ると、レンズが薄すぎるために、外圧や温度等によって変形してしまい、光学性能を保つことが難しくなる。上限の0.5mmを越えると、最薄部厚さが大きくなるために、レンズも大きくなる。

【0084】

さらに、以下の条件式(5-2)を満たすのが好ましい。この場合、光学性能を保ちながら、光学系を小型化することができる。

【0085】

$$0.15\text{ mm} < t < 0.4\text{ mm} \quad \dots (5-2)$$

さらに、以下の条件式(5-3)を満たすのがより好ましい。この場合、光学性能を保ちながら、光学系をより小型化することができる。

【0086】

$$0.2\text{ mm} < t < 0.35\text{ mm} \quad \dots (5-3)$$

本発明の第26の変倍光学系は、第25の変倍光学系において、前記一体レンズが正の屈折力を有することを特徴とするものである。

【0087】

本発明の第26の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。正レンズを一体レンズとすると、正レンズのコバ厚を薄くできる。よって、全長を短縮することができる。

【0088】

本発明の第27の変倍光学系は、第1～第26の変倍光学系において、前記一体レンズを成形する際、一つの成形機で複数の光学機能面を同時に成形することを特徴とするものである。

【0089】

本発明の第27の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。一つの成形機で複数面を並列して同時に成形すると、1面あたりの加工時間が短縮できる。また、このように一つの成形機で複数面同時に成形することにより、面数当たりの押し型の寿命を長期化できる。よって、コストを大幅に削減できる。

【0090】

本発明の第28の変倍光学系は、第1～第27の変倍光学系において、前記第1の素材がガラスであることを特徴とするものである。

【0091】

本発明の第28の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第1の素材として高屈折率を示すガラスを用いることで、少ない枚数で球面収差・像面湾曲等の諸収差を良好に補正することができる。また、ガラスを用いることで、温度変化の影響を受け難くなる。そのため、温度変化時のバックフォーカス変動が小さい光学系を実現することができる。もちろん、第1の素材として、他にプラスチックや有機無機複合材料を用いることもできる。

【0092】

本発明の第29の変倍光学系は、第1～第28の変倍光学系において、前記第2の素材

が遮光性を有するものであることを特徴とするものである。

【0093】

本発明の第29の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2の素材に遮光性があると、光学機能面以外の面からの光線が像面に到達するのを最小限にできる。よって、ゴースト光やフレア光を抑えることができるため、好ましい。

【0094】

本発明の第30の変倍光学系は、第1～第29の変倍光学系において、前記第2の素材が、金属、サーメット又はセラミックスであることを特徴とするものである。

【0095】

本発明の第30の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。第2の素材が金属、サーメット（セラミックスと金属の複合材料）、セラミックスであれば、形状の加工が容易となる。

【0096】

本発明の第31の変倍光学系は、第1～第30の変倍光学系において、光学系を構成する少なくとも1つの光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いることを特徴とするものである。

【0097】

本発明の第31の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いると、有機成分と無機成分の種類と存在量比率に応じて、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）が発現するようになる（得られる）。このように、有機成分と無機成分を任意の比率で配合することで、所望の光学特性、あるいは高い光学特性を持つ光学材料を実現できる。これにより、性能の高い光学素子を得ることができるので、より少ない枚数で諸収差を補正できる。よって、光学系を低コスト・小型化できる。

【0098】

本発明の第32の変倍光学系は、第31の変倍光学系において、前記有機無機複合体はジルコニアのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【0099】

本発明の第33の変倍光学系は、第31の変倍光学系において、前記有機無機複合体はジルコニアとアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【0100】

本発明の第34の変倍光学系は、第31の変倍光学系において、前記有機無機複合体はニオブ酸化物のナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【0101】

本発明の第35の変倍光学系は、第31の変倍光学系において、前記有機無機複合体はジルコニウムアルコキシドの加水分解物とアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【0102】

本発明の第32～第35の変倍光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。これらの材料のナノ粒子は、無機成分の例示である。そして、このようなナノ粒子を有機成分のプラスチック中に所定の存在量比率で分散させることにより、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）を発現させることができる。

【0103】

本発明の電子機器は、第1～第35の変倍光学系と、その像側に配された電子撮像素子とを有することを特徴とするものである。

【0104】

本発明の電子機器において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。本発明の以上の変倍光学系は、小型で低コストなものである。よって、このような変倍光学系を撮像光学系として搭載した電子機器において、機器の小型化・低コスト化を図ることができる。なお、電子機器としては、デジタルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット、パ

ーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、携帯電話、情報携帯端末等がある。

【発明の効果】

【0105】

本発明によると、変倍光学系の低コスト化と小型化との両立を効果的に行うことができ、それを用いた電子機器も同様に低コスト化と小型化を達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0106】

以下に、本発明の変倍光学系を示す。この変倍光学系には、一体レンズが用いられている。そこで、まず、一体レンズの製造方法を図7を用いて説明する。図7(a)において、14は一体レンズ成形型の下押型、15は一体レンズ成形型の上押型である。下押型14の所定の領域には、一体レンズ下面型（以下、下面型とする。）が形成されている。この下面型は、成形後の一体レンズにおいて、光学機能面の部分に該当する。また、上押型15の所定の領域にも、一体レンズ上面型（以下、上面型とする。）が形成されている。この上面型も、成形後の一体レンズにおいて、光学機能面の部分に該当する。

【0107】

一体レンズ10は、第1の素材11と第2の素材12とを用いて成形されている。第1の素材11には、一体レンズの成形後において、少なくとも光学機能面を含む面が形成される。また、第2の素材12には、一体レンズの成形後において、少なくとも光学機能面を含む面以外の面が形成される。この、光学機能面を含む面以外の面は、第1の素材11によって形成された面の外周部に形成された面である。この面は、例えば、鏡筒と接触して一体レンズを支持する面、あるいは心出しする面である。

【0108】

第2の素材12には、穴13が形成されている。よって、一体レンズ10の製造にあたっては、図7(a)に示すように、第1の素材11は第2の素材12と共に、一体レンズ成形型の下押型14の上に載置される。このとき、第1の素材11は、穴13の中に嵌入された状態で配置されている。この状態において、第1の素材11が変形可能な温度まで加温される。この温度は、第1の素材11の転移点より高い適宜な温度である。次に、適宜な温度になったところで、一体レンズ成形型の上押型15が、上方から第2の素材12の面に接するまで降下する。これにより、下面型と上面型によって、第1の素材11が押圧される。その結果、第1の素材11は、下面型と上面型とに応じた形に成形され、全体として図7(b)に示すように、一体レンズ10が成形される。この一体レンズ10は、図7(b)の上押型15を除去した後で、下押型14内から容易に取り出すことができる。また、この一体レンズ10は、図8に斜視図を示すように、第1の素材11が第2の素材12の穴に融着して一体化している。なお、図7では、一对の押型14、15に、1セットの第1の素材11と第2の素材12を載置しているが、このような構成に限られない。別の例を次に示す。

【0109】

図10は、別の例であって、一对の押型の下押型14、上押型15それぞれに、複数の面型を並列配置したものである。そして、それぞれに面型対応して、第1の素材11と第2の素材12を複数載置している。このようにして、同時に、複数の一体レンズを成形するものである。図10(a)において、14は一体レンズ成形型の下押型、15は一体レンズ成形型の上押型である。下押型14の所定の領域には、一体レンズ下面型（以下、下面型とする。）が、複数形成されている。この下面型は、成形後の一体レンズにおいて、光学機能面の部分に該当する。また、上押型15の所定の領域にも、一体レンズ上面型（以下、上面型とする。）が、複数形成されている。この上面型も、成形後の一体レンズにおいて、光学機能面の部分に該当する。

【0110】

図10(a)に示すように、本例の一体レンズも、第1の素材11と第2の素材12とを用いて成形されている。第1の素材11は、一体レンズの成形後において、少なくとも光学機能面を含む面を形成する。また、第2の素材12は、一体レンズの成形後において

、少なくとも光学機能面を含む面以外の面を形成する。この、光学機能面を含む面以外の面は、第1の素材11によって形成された面の外周部に形成された面である。この面は、例えば、鏡筒と接触して一体レンズを支持する面、あるいは心出しする面である。

【0111】

第2の素材12には、穴13が複数形成されている。よって、本例では、図11に示すように、一体レンズはアレイ状に形成される。そして、アレイ状に形成された一体レンズ10'（以下、アレイ状レンズ10'とする。）を切断することで、図8に示す一体レンズ10が得られる。アレイ状レンズ10'の製造にあたっては、図10(a)に示すように、複数の第1の素材11は、第2の素材12と共に、一体レンズ成形型の下押型14の上に載置される。このとき、第1の素材11の各々は、各穴13の中に嵌入された状態で配置されている。この状態において、第1の素材11が変形可能な温度まで加温される。この温度は、第1の素材11の転移点より高い適宜な温度である。次に、適宜な温度になったところで、一体レンズ成形型の上押型15が、上方から第2の素材12の面に接するまで降下する。これにより、下面型と上面型によって、各々の第1の素材11が押圧される。その結果、第1の素材11は、下面型と上面型とに応じた形に成形され、全体として図10(b)に示すように、アレイ状レンズ10'が成形される。なお、この例においては、図8に示すように、上押型15に凸部形状16を設けておいて押圧することにより、第2素材12に凹形状部17を同時に加工するようにしている。アレイ状レンズ10'は、図10(b)の上押型15を除去した後で、下押型14内から容易に取り出すことができる。また、このアレイ状レンズ10'は、図11に斜視図を示すように、各々の第1の素材11が、第2の素材12の各穴13に融着して一体化している。その後、第2の素材12を切断して、複数の一体レンズ10が得られる。なお、図10及び図11では3×3のレンズアレイとなっているが、個数はこの限りではない。

【0112】

さらに、別の例を、図13及び図14に示す。本例では、図10、図11の例に比べて、上押型15に凸形状部16を設けず、そのため第2の素材12にそれに対応する凹形状部17を加工しない点で異なるだけである。

【0113】

次に、本発明の変倍光学系（ズームレンズ）の実施例1～3について、図面を参照して説明する。実施例1～3の無限遠物点合焦時の広角端（a）、中間状態（b）、望遠端（c）の光軸に沿うレンズ断面図をそれぞれ図1～図3に示す。各図中、G1は第1レンズ群、G2は第2レンズ群、G3は第3レンズ群、G4は第4レンズ群、Sは開口絞り、Fは近赤外カットフィルター、ローパスフィルター、電子撮像素子のカバーガラス等の平行平板群、Iは像面を示す。また、実施例1～3の無限遠物点合焦時の広角端（a）、中間状態（b）、望遠端（c）の球面収差、非点収差、倍率色（収差）、歪曲収差の収差図をそれぞれ図4～図6に示す。なお、これら収差図中において、“FIY”は像高を表す。

【0114】

実施例1の変倍光学系を、図1に示す。実施例1の変倍光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とで構成されている。そして、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端と略同じ位置に位置する。また、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体で物体側へ移動する。第3レンズ群G3は、物体側へわずかに移動する。第4レンズ群G4は物体側に凸の軌跡を描いてわずかに移動し、望遠端では広角端より像側に位置する。

【0115】

第1レンズ群G1は、全体で負のパワーを有している。この第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凹負レンズと、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズとで構成されている。そして、非球面は、両凹負レンズの像側の面である。

【0116】

第2レンズ群G2は、全体で正のパワーを有している。この第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズとの接合レンズと構成されている。そして、非球面は、両凸正レンズの物体側の面、接合レンズの最も物体側の面である。

【0117】

第3レンズ群G3は、正のパワーを有している。この第3レンズ群G3は、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。そして、非球面は、正メニスカスレンズの像側の面である。

【0118】

第4レンズ群G4は、正のパワーを有している。この第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた平凸正レンズで構成されている。そして、非球面は、平凸正レンズの像側の面である。

【0119】

本実施例に係る変倍光学系を構成する全レンズは、第2レンズ群G2の両凹負レンズを除き、一体レンズである。この一体レンズは、図7に示す方法で製造されたものである。

【0120】

一体化レンズ10の例を図9に示す。この一体化レンズ10は、本実施例に係る変倍光学系に用いられる。図9は、第2レンズ群G2の接合レンズの断面図である。このレンズは、物体側の両凸正レンズを一体化レンズ10としている。そして、その像側に両凹負レンズを接合している。第2の素材12の厚さは0.35mmである。このとき、図9に示していないが、第2の素材12に穴や凹凸形状を成形の際に同時に加工するようにしてもよい。

【0121】

実施例2の変倍光学系を、図2に示す。実施例2の変倍光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とで構成されている。そして、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端と略同じ位置に位置する。また、第2レンズ群G2は、開口絞りSと一体で物体側へ移動する。第3レンズ群G3は、第2レンズ群G2との間隔を広げながら物体側へ移動する。第4レンズ群G4は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像側に位置する。

【0122】

第1レンズ群G1は、全体で負のパワーを有している。この第1レンズ群G1は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹負レンズと、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズとで構成されている。そして、非球面は、平凹負レンズの像側の面である。

【0123】

第2レンズ群G2は、全体で正のパワーを有している。この第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズとの接合レンズとで構成されている。そして、非球面は、物体側の両凸正レンズの物体側の面と、接合レンズの最も物体側の面である。

【0124】

第3レンズ群G3は、正のパワーを有している。この第3レンズ群G3は、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。そして、非球面は、正メニスカスレンズの像側の面である。

【0125】

第4レンズ群G4は、正のパワーを有している。この第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。そして、非球面は、正メニスカスレンズの像側の面である。

【0126】

本実施例に係る変倍光学系を構成する全てのレンズは一体レンズである。この一体レンズは、図10に示す方法で製造されたものである。

【0127】

一体化レンズ10の例を図12に示す。この一体化レンズ10は、本実施例に係る変倍光学系に用いられる。図12は、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズの断面図である。このレンズは、正メニスカスレンズを一体化レンズ10としている。第2の素材12の厚さは0.5mmである。このとき、図12に示してはいるが、第2の素材12に穴や凹凸形状を成形の際に同時に加工するようにしてもよい(図10参照)。

【0128】

実施例3の変倍光学系を、図3に示す。実施例3の変倍光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とで構成されている。そして、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端と略同じ位置に位置する。また、第2レンズ群G2は、開口絞りSと一体で物体側へ移動する。第3レンズ群G3は、物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より物体側に位置する。第4レンズ群G4は固定である。

【0129】

第1レンズ群G1は、全体で負のパワーを有している。この第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凹負レンズと、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズとで構成されている。そして、非球面は、両凹負レンズの像側の面である。

【0130】

第2レンズ群G2は、全体で正のパワーを有している。この第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズとの接合レンズとで構成されている。そして、非球面は、物体側の両凸正レンズの物体側の面と、接合レンズの最も物体側の面である。

【0131】

第3レンズ群G3は、正のパワーを有している。この第3レンズ群G3は、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。そして、非球面は、正メニスカスレンズの像側の面である。

【0132】

第4レンズ群G4は、正のパワーを有している。この第4レンズ群G4は、像側に凹面を向けた正メニスカスレンズで構成されている。そして、非球面は、正メニスカスレンズの像側の面である。

【0133】

本実施例に係る変倍光学系を構成する全レンズは、第2レンズ群G2の両凹負レンズを除き、一体レンズである。この一体レンズは、図13に示す方法で製造されたものである。

【0134】

一体化レンズ10の例を図15に示す。この一体化レンズ10は、本実施例に係る変倍光学系に用いられる。図15は、第2レンズ群G2の接合レンズの断面図である。このレンズは、物体側の両凸正レンズを一体化レンズ10としている。そして、その像側に両凹負レンズを接合している。第2の素材12の厚さは0.3mmである。このとき、図15に示してはいるが、第2の素材12に穴や凹凸形状を成形の際に同時に加工するようにしてもよい(図10参照)。

【0135】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 F_N はFナンバー、 ω は半画角、 WE は広角端、 ST は中間状態、 TE は望遠端、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} …は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0136】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K+1) (y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0137】

実施例 1

$r_1 = -235.855$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$\nu_{d1} = 53.21$
$r_2 = 3.549$ (非球面)	$d_2 = 1.59$		
$r_3 = 6.625$	$d_3 = 0.91$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$
$r_4 = 12.436$	$d_4 =$ (可変)		
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 3.797$ (非球面)	$d_6 = 1.06$	$n_{d3} = 1.69350$	$\nu_{d3} = 53.21$
$r_7 = -17.794$	$d_7 = 0.10$		
$r_8 = 7.931$ (非球面)	$d_8 = 0.78$	$n_{d4} = 1.78800$	$\nu_{d4} = 47.37$
$r_9 = -4.713$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$\nu_{d5} = 31.07$
$r_{10} = 2.574$	$d_{10} =$ (可変)		
$r_{11} = 4.259$	$d_{11} = 0.66$	$n_{d6} = 1.49700$	$\nu_{d6} = 81.54$
$r_{12} = 6.233$ (非球面)	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.79$	$n_{d7} = 1.74320$	$\nu_{d7} = 49.34$
$r_{14} = -8.029$ (非球面)	$d_{14} =$ (可変)		
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.50$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$
$r_{16} = \infty$			

非球面係数

第2面

$$\begin{aligned} K &= -0.565 \\ A_4 &= -1.29926 \times 10^{-4} \\ A_6 &= 1.05590 \times 10^{-4} \\ A_8 &= -7.93901 \times 10^{-6} \\ A_{10} &= 2.72375 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

第6面

$$\begin{aligned} K &= -0.137 \\ A_4 &= -1.31726 \times 10^{-3} \\ A_6 &= -1.41891 \times 10^{-4} \\ A_8 &= 6.88204 \times 10^{-5} \\ A_{10} &= -1.74013 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

第8面

$$\begin{aligned} K &= -1.367 \\ A_4 &= -1.60327 \times 10^{-3} \\ A_6 &= -1.35433 \times 10^{-4} \\ A_8 &= 0 \\ A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第12面

$$\begin{aligned} K &= 0.000 \\ A_4 &= 1.72530 \times 10^{-3} \\ A_6 &= 2.23148 \times 10^{-5} \\ A_8 &= 0 \\ A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第14面

$$K = -14.842$$

$$A_4 = -1.74997 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.64295 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.0	5.2	9.0
F_{N0}	2.8	3.7	5.3
ω (°)	45.5	25.7	15.3
d_4	7.91	3.24	0.91
d_{10}	0.24	2.88	6.07
d_{12}	2.12	2.25	4.11
d_{14}	1.01	1.07	0.18

【0138】

実施例 2

$r_1 = \infty$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.51633$	$\nu_{d1} = 64.14$
$r_2 = 2.950$ (非球面)	$d_2 = 2.52$		
$r_3 = 5.433$	$d_3 = 0.80$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$
$r_4 = 6.933$	$d_4 =$ (可変)		
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 3.215$ (非球面)	$d_6 = 0.81$	$n_{d3} = 1.58313$	$\nu_{d3} = 59.38$
$r_7 = -88.640$	$d_7 = 0.10$		
$r_8 = 5.867$ (非球面)	$d_8 = 0.74$	$n_{d4} = 1.78800$	$\nu_{d4} = 47.37$
$r_9 = -8.024$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$\nu_{d5} = 31.07$
$r_{10} = 2.566$	$d_{10} =$ (可変)		
$r_{11} = 7.991$	$d_{11} = 0.60$	$n_{d6} = 1.49700$	$\nu_{d6} = 81.54$
$r_{12} = 27.210$ (非球面)	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = -29.417$	$d_{13} = 0.99$	$n_{d7} = 1.49700$	$\nu_{d7} = 81.54$
$r_{14} = -5.069$ (非球面)	$d_{14} =$ (可変)		
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.50$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$
$r_{16} = \infty$			

非球面係数

第 2 面

$$K = -0.893$$

$$A_4 = 1.45261 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.41038 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -7.01509 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 4.11221 \times 10^{-7}$$

第 6 面

$$K = 0.128$$

$$A_4 = 1.53677 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -8.68099 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 2.50336 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -3.99233 \times 10^{-5}$$

第 8 面

$$K = -2.777$$

$$A_4 = -2.28635 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -5.33394 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.51884 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第 12 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.30056 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.45665 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.87717 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第 14 面

$$K = -2.859$$

$$A_4 = -1.27245 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.60322 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.26441 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.0	5.2	9.0
FNo	2.8	3.3	5.4
ω (°)	43.9	25.8	15.8
d ₄	7.57	1.59	0.74
d ₁₀	0.37	0.66	3.80
d ₁₂	1.44	1.79	6.68
d ₁₄	1.96	3.15	0.10

【0139】

実施例 3

r ₁ = -39.641	d ₁ = 0.60	n _{d1} = 1.69350	ν_{d1} = 53.21
r ₂ = 3.758 (非球面)	d ₂ = 1.62		
r ₃ = 7.085	d ₃ = 0.83	n _{d2} = 1.84666	ν_{d2} = 23.78
r ₄ = 13.743	d ₄ = (可変)		
r ₅ = ∞ (絞り)	d ₅ = 0.10		
r ₆ = 3.644 (非球面)	d ₆ = 1.36	n _{d3} = 1.69350	ν_{d3} = 53.21
r ₇ = -23.518	d ₇ = 0.10		
r ₈ = 8.588 (非球面)	d ₈ = 0.82	n _{d4} = 1.78800	ν_{d4} = 47.37
r ₉ = -3.659	d ₉ = 0.60	n _{d5} = 1.68893	ν_{d5} = 31.07
r ₁₀ = 2.800	d ₁₀ = (可変)		
r ₁₁ = 4.441	d ₁₁ = 1.29	n _{d6} = 1.49700	ν_{d6} = 81.54
r ₁₂ = 4.321 (非球面)	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 5.613	d ₁₃ = 1.20	n _{d7} = 1.69350	ν_{d7} = 53.21
r ₁₄ = 556.044 (非球面)	d ₁₄ = 0.22		
r ₁₅ = ∞	d ₁₅ = 0.50	n _{d8} = 1.51633	ν_{d8} = 64.14
r ₁₆ = ∞			

非球面係数

第 2 面

$$K = -0.730$$

$$A_4 = 1.40877 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 1.25212 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -9.63026 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.57391 \times 10^{-7}$$

第 6 面

$$K = 0.181$$

$$A_4 = -3.50134 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -9.65305 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.52691 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -3.81912 \times 10^{-5}$$

第 8 面

$$K = -19.376$$

$$A_4 = -1.33804 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.00926 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

第 12 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.98092 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.58372 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

第 14 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.78191 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.69614 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.0	5.2	9.0
F_{No}	2.8	3.7	5.2
ω (°)	46.4	25.8	14.8
d_4	7.08	2.79	0.22
d_{10}	0.23	4.07	6.51
d_{12}	1.91	0.90	2.49

【0140】

次に、上記各実施例における条件式 (1) ~ (4) の値を示す。

【0141】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
条件式 (1)	6.98	10.65	6.57
条件式 (2)			
(物体側レンズ)	1.94	1.59	2.50
(像側レンズ)	1.28	1.39	1.17
条件式 (3)	6.40	4.58	202.83
条件式 (4)	3.62	4.10	4.03

【0142】

ところで、以上の実施例の変倍光学系では全てのレンズにガラスを用いているが、樹脂材料を用いることは可能である。レンズが樹脂材料からなると、レンズを樹脂材料の成形法で生産することができ、容易に大量に生産することができる。また、材料費が安いので、安価な光学系が実現できる。

【0143】

また、ガラスの代わりに有機無機複合材料を用いてもよい。本発明で利用可能な有機無機複合体について説明する。

【0144】

有機無機複合体は、有機成分と無機成分とが分子レベル、若しくはナノスケールで混合

複合化されたものである。その形態は、(1) 有機骨格からなる高分子マトリックスと無機骨格からなるマトリックスが相互に絡み合い、互いのマトリックスへ貫入された構造のもの、(2) 有機骨格からなる高分子マトリックス中に、ナノスケールの光の波長より十分小さな無機微粒子（いわゆるナノ粒子）が均一分散したもの、及び(3) これらの複合構造になったものがある。有機成分と無機成分の間には、水素結合や分散力、クーロン力等の分子間力や、共有結合、イオン結合、 π 電子雲の相互作用による引力等、何らかの相互作用が働いている。有機無機複合体では、前述のように有機成分と無機成分が分子レベル、若しくは光の波長より小さなスケール領域で混合されている。このため、光の散乱に対する影響がほとんどなくなっており、透明体が得られる。また、マックスウェル方程式からも導かれるように、有機成分、無機成分それぞれの光学特性を反映した材料となる。よって、有機成分、無機成分の種類と存在量比率に応じて、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）を発現するようになる。このことから、有機成分と無機成分を任意の比率で配合することで、種々の光学特性が得られるようになる。

【0145】

以下の表1は、アクリレート樹脂（紫外線硬化型）とジルコニア（ ZrO_2 ）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表2は、アクリレート樹脂とジルコニア（ ZrO_2 ）／アルミナ（ Al_2O_3 ）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表3は、アクリレート系樹脂とニオブ酸化物（ Nb_2O_5 ）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表4は、アクリレート樹脂とジルコニウムアルコキシドとアルミナ（ Al_2O_3 ）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。

【0146】

表1

ジルコニア含有量	n_d	ν_d	n_c	n_F	n_g	備考
0	1.49236	57.85664	1.48981	1.49832	1.50309	アクリル 100 %
0.1	1.579526	54.85037	1.57579	1.586355	1.59311	
0.2	1.662128	53.223	1.657315	1.669756	1.678308	
0.3	1.740814	52.27971	1.735014	1.749184	1.759385	
0.4	1.816094	51.71726	1.809379	1.825159	1.836887	
0.5	1.888376	51.3837	1.880807	1.898096	1.911249	

【0147】

表2

Al ₂ O ₃ 存在率	ZrO ₂ 存在率	n_d	ν_d	n_c	n_F	n_g	備考
0.1	0.4	1.831515	53.56672	1.824851	1.840374	1.851956	アクリレート50%

0.2	0.3	1.772832	56.58516	1.767125	1.780783	1.790701
0.3	0.2	1.712138	60.97687	1.707449	1.719127	1.727275
0.4	0.1	1.649213	67.85669	1.645609	1.655177	1.661429
0.2	0.2	1.695632	58.32581	1.690903	1.702829	1.774891

【0148】

表 3

NbsO ₅ 含有量	AlsO ₃ 含有量	n _d	ν _d	n _c	n _F	n _g
0.1	0	1.589861	29.55772	1.584508	1.604464	1.617565
0.2	0	1.681719	22.6091	1.673857	1.70401	1.724457
0.3	0	1.768813	19.52321	1.758673	1.798053	1.8251
0.4	0	1.851815	17.80818	1.839583	1.887415	1.920475
0.5	0	1.931253	16.73291	1.91708	1.972734	2.011334

【0149】

表 4

AlsO _c (膜) 含有量	ジルコニアア ルコキシド	n _d	ν _d	n _c	n _F
0	0.3	1.533113	58.39837	1.530205	1.539334
0.1	0.27	1.54737	62.10192	1.544525	1.553339
0.2	0.24	1.561498	66.01481	1.558713	1.567219
0.3	0.21	1.575498	70.15415	1.572774	1.580977
0.4	0.18	1.589376	74.53905	1.586709	1.594616

【0150】

さて、以上のような本発明の変倍光学系、結像光学系を備えた電子機器について説明する。この電子機器には、上記光学系で物体像を形成し、その像をCCD等の撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置が用いられている。電子機器には、デジタルカメラやビデオ

カメラ、デジタルビデオユニット、情報処理装置の例であるパーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話、情報携帯端末等がある。以下に、その実施形態を例示する。

【0151】

図16～図18はデジタルカメラの例であり、本発明による変倍光学系を撮影光学系41として用いた構成の概念図である。図16はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図17は同後方斜視図、図18はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。

【0152】

デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影光学系41ファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含む。撮影光学系41は、撮影用光路42上に配置されている。また、ファインダー光学系43は、撮影用光路42とは別のファインダー用光路44上に配置されている。また、カメラ40の上部には、シャッター45が設けられている。よって、撮影者がシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1の変倍光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像は、平行平板P1とカバーガラスP2を介して、CCD49の撮像面上に形成される。ここで、平行平板P1には近紫外線カットコートが施されている。また、平行平板P1に、ローパスフィルター作用を持たせても良い。CCD49で受光された物体像は、処理手段51を介して、電子画像として液晶表示モニター47に表示される。液晶表示モニター47は、カメラ背面に設けられている。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよい。例えば、記録手段52は、フロッピーディスク、メモリーカードあるいはMO等であってもよい。このように記録手段52は、電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって、銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0153】

ファインダー用光路44上には、ファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、視野枠57上に形成される。ここで、視野枠57上は、像正立部材であるポロプリズム55に設けられている。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側には、それぞれカバー部材50が配置されている。なお、ここでは、カバー部材50として平行平面板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0154】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が高性能で小型であるので、高性能・小型化が実現できる。

【0155】

次に、図19～図21は情報処理装置の一例であるパソコンであって、本発明の変倍光学系を対物光学系として用いた構成の概念図である。図19はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図20はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図21は図19の状態の側面図である。

【0156】

パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。さらに、パソコン300は、図示を省略した情報処理手段や記録手段を有する。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限られない。例えば、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

【0157】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による変倍光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0158】

ここで、撮像素子チップ162上には、光学的ローパスフィルター等の平行平面板群Fが、付加的に貼り付けられている。よって、撮像素子チップ162と平行平面板群Fは一体となって、撮像ユニット160を構成している。そして、この撮像ユニット160は、対物レンズ112の鏡枠113の後端に、ワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっている。そのため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや、面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中の変倍光学系の駆動機構は図示を省いてある。

【0159】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力される。そして、物体像は、電子画像としてモニター302に表示される。図19には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0160】

次に、図22は情報処理装置の一例である電話であって、本発明の変倍光学系を撮影光学系として用いた構成の概念図である。ここで、電話は、持ち運びに便利な携帯電話である。図22(a)は携帯電話400の正面図、図22(b)は側面図、22(c)は撮影光学系405の断面図である。

【0161】

携帯電話400は、マイク部401、スピーカ部402、入力ダイアル403、モニター404、撮影光学系405、アンテナ406及び処理手段（図示せず）とを有している。マイク部401には、操作者の声が情報として入力される。スピーカ部402は、通話相手の声を出力する。入力ダイアル403は、操作者が情報を入力するボタンを有する。モニター404は、操作者自身や通話相手等の撮影像や、電話番号等の情報を表示する。アンテナ406は、通信電波の送信と受信を行う。ここで、モニター404は、液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置されている。そして、この撮影光学系405は、本発明による変倍光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0162】

ここで、撮像素子チップ162上には、光学的ローパスフィルター等の平行平面板群Fが、付加的に貼り付けられている。よって、撮像素子チップ162と平行平面板群Fは一体となって、撮像ユニット160を構成している。そして、この撮像ユニット160は、対物レンズ112の鏡枠113の後端に、ワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっている。そのため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや、面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中の変倍光学系の駆動機構は図示を省いてある。

【0163】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力される。そして、物体像は、電子画像としてモニター404に表示される。また、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段に含まれている。よって、通信相手に画像を送信することができるので、物体像を通信相手のモニターに表示させることもできる。

【0164】

以上の本発明の変倍光学系及びそれを用いた電子機器は、例えば次のように構成することができる。

【0165】

〔1〕 物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群と、正の屈折力を有する第4群とから構成された変倍光学系であって、少なくとも1枚のレンズが、成形後において少なくとも光学機能面を含む面となる第1の素材と、成形後において少なくとも光学機能面を含む面以外の面となる第2の素材とを用いて成形され、前記第1の素材と前記第2の素材とが一体化された一体レンズからなることを特徴とする変倍光学系。

【0166】

〔2〕 前記一体レンズが他のレンズと接合されていることを特徴とする上記1記載の変倍光学系。

【0167】

〔3〕 前記一体レンズの少なくとも1つの光学機能面が非球面である非球面一体レンズであることを特徴とする上記1又は2記載の変倍光学系。

【0168】

〔4〕 前記第1群が少なくとも1枚の正レンズを有することを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の変倍光学系。

【0169】

〔5〕 前記第1群の最も物体側に負レンズを有することを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の変倍光学系。

【0170】

〔6〕 前記第1群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とする上記1から5の何れか1項記載の変倍光学系。

【0171】

〔7〕 前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とする上記6記載の変倍光学系。

【0172】

〔8〕 前記第1群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とする上記7記載の変倍光学系。

【0173】

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 1.5 \quad \dots (1)$$

ただし、HH1：第1群正レンズの主点間隔、

$\phi 1$ ：第1群正レンズの屈折力、

である。

【0174】

〔9〕 前記第1群の少なくとも1枚の前記一体レンズが他のレンズと接合されていることを特徴とする上記6から8の何れか1項記載の変倍光学系。

【0175】

〔10〕 前記第1群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とする上記6から9の何れか1項記載の変倍光学系。

【0176】

〔11〕 前記第2群が少なくとも1枚の負レンズを有することを特徴とする上記1から10の何れか1項記載の変倍光学系。

【0177】

〔12〕 前記第2群の最も物体側に正レンズを有することを特徴とする上記1から11の何れか1項記載の変倍光学系。

【0178】

〔13〕 前記第2群の最も像側に負レンズを有することを特徴とする上記1から1

2の何れか1項記載の変倍光学系。

【0179】

〔14〕 前記第2群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有し、該一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とする上記1から13の何れか1項記載の変倍光学系。

【0180】

〔15〕 前記第2群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とする上記14記載の変倍光学系。

【0181】

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 1.0 \quad \dots (2)$$

ただし、HH2: 第2群正レンズの主点間隔、

$\phi 2$: 第2群正レンズの屈折力、

である。

【0182】

〔16〕 前記第2群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とする上記14又は15記載の変倍光学系。

【0183】

〔17〕 前記第3群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とする上記1から16の何れか1項記載の変倍光学系。

【0184】

〔18〕 前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有する正レンズであることを特徴とする上記17記載の変倍光学系。

【0185】

〔19〕 前記第3群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とする上記18記載の変倍光学系。

【0186】

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 2.0 \quad \dots (3)$$

ただし、HH3: 第3群正レンズの主点間隔、

$\phi 3$: 第3群正レンズの屈折力、

である。

【0187】

〔20〕 前記第3群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とする上記17から19の何れか1項記載の変倍光学系。

【0188】

〔21〕 前記第4群が少なくとも1枚の前記一体レンズを有することを特徴とする上記1から20の何れか1項記載の変倍光学系。

【0189】

〔22〕 前記一体レンズの少なくとも1枚が正の屈折力を有することを特徴とする上記21記載の変倍光学系。

【0190】

〔23〕 前記第4群の少なくとも1枚の前記正レンズが以下の条件式を満たすことを特徴とする上記22記載の変倍光学系。

【0191】

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 2.0 \quad \dots (4)$$

ただし、HH4: 第4群正レンズの主点間隔、

$\phi 4$: 第4群正レンズの屈折力、

である。

【0192】

〔24〕 前記第4群の少なくとも1枚の前記一体レンズが、少なくとも1面の非球面を有することを特徴とする上記21から23の何れか1項記載の変倍光学系。

【0193】

〔25〕 少なくとも1枚の前記一体レンズの最薄部厚さが以下の条件式を満たすことを特徴とする上記1から24の何れか1項記載の変倍光学系。

【0194】

$$0.1\text{ mm} < t < 0.5\text{ mm} \quad \dots (5)$$

ただし、 t ：一体レンズの最薄部厚さ、である。

【0195】

〔26〕 前記一体レンズが正の屈折力を有することを特徴とする上記25記載の変倍光学系。

【0196】

〔27〕 前記一体レンズを成形する際、一つの成形機で複数の光学機能面を同時に成形することを特徴とする上記1から26の何れか1項記載の変倍光学系。

【0197】

〔28〕 前記第1の素材がガラスであることを特徴とする上記1から27の何れか1項記載の変倍光学系。

【0198】

〔29〕 前記第2の素材が遮光性を有するものであることを特徴とする上記1から29の何れか1項記載の変倍光学系。

【0199】

〔30〕 前記第2の素材が、金属、サーメット又はセラミックスであることを特徴とする上記1から29の何れか1項記載の変倍光学系。

【0200】

〔31〕 光学系を構成する少なくとも1つの光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いることを特徴とする上記1から30の何れか1項記載の変倍光学系。

【0201】

〔32〕 前記有機無機複合体はジルコニアのナノ粒子を含むことを特徴とする上記31記載の変倍光学系。

【0202】

〔33〕 前記有機無機複合体はジルコニアとアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とする上記31記載の変倍光学系。

【0203】

〔34〕 前記有機無機複合体はニオブ酸化物のナノ粒子を含むことを特徴とする上記31記載の変倍光学系。

【0204】

〔35〕 前記有機無機複合体はジルコニウムアルコキシドの加水分解物とアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とする上記31記載の変倍光学系。

【0205】

〔36〕 上記1から35の何れか1項記載の変倍光学系と、その像側に配された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子機器。

【図面の簡単な説明】

【0206】

【図1】 本発明の変倍光学系の実施例1の無限遠物点合焦時の広角端（a）、中間状態（b）、望遠端（c）でのレンズ断面図である。

【図2】 実施例2の変倍光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】 実施例3の変倍光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】 実施例1の無限遠物点合焦時の広角端（a）、中間状態（b）、望遠端（c）での収差図である。

【図5】 実施例2の図4と同様の収差図である。

【図6】 実施例3の図4と同様の収差図である。

【図 7】実施例 1 の変倍光学系に用いる一体レンズの製造方法を説明するための図であって、成形前の配置 (a) と成形後の配置 (b) を示す図である。

【図 8】図 7 の製造方法で成形された一体レンズを示す斜視図である。

【図 9】実施例 1 の変倍光学系に用いる一体レンズの 1 例を示す断面図である。

【図 10】実施例 2 の変倍光学系に用いる一体レンズの製造方法を説明するための図であって、成形前の配置 (a) と成形後の配置 (b) を示す図である。

【図 11】図 10 の製造方法で成形された一体レンズを示す斜視図である。

【図 12】実施例 2 の変倍光学系に用いる一体レンズの 1 例を示す断面図である。

【図 13】実施例 3 の変倍光学系に用いる一体レンズの製造方法を説明するための図であって、成形前の配置 (a) と成形後の配置 (b) を示す図である。

【図 14】図 13 の製造方法で成形された一体レンズを示す斜視図である。

【図 15】実施例 3 の変倍光学系に用いる一体レンズの 1 例を示す断面図である。

【図 16】本発明による変倍光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 17】図 16 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 18】図 16 のデジタルカメラの断面図である。

【図 19】本発明による変倍光学系を対物光学系として組み込んだパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図 20】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図 21】図 19 の状態の側面図である。

【図 22】本発明による変倍光学系を対物光学系として組み込んだ携帯電話の正面図 (a)、側面図 (b)、その撮影光学系の断面図 (c) である。

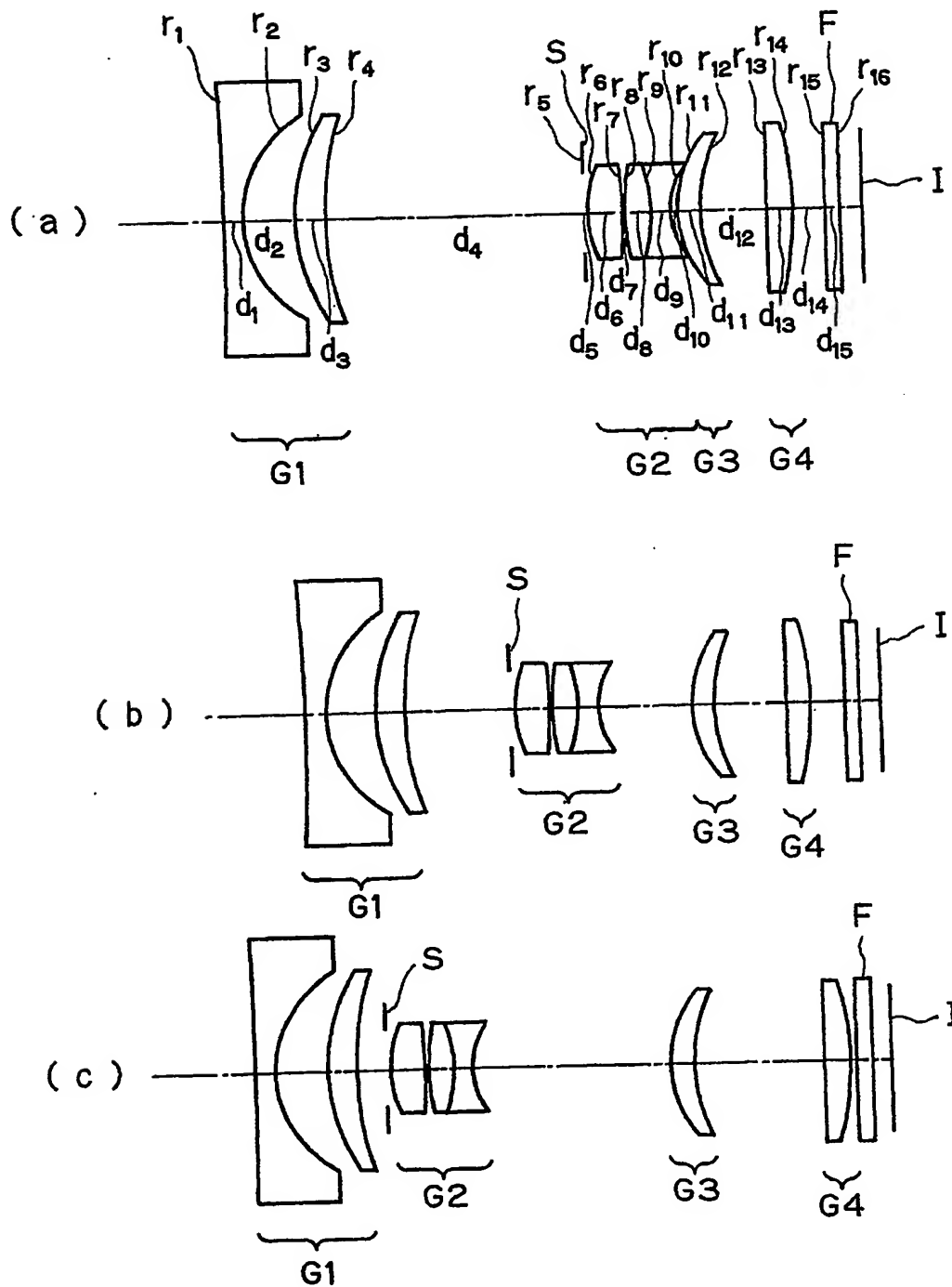
【符号の説明】

【0207】

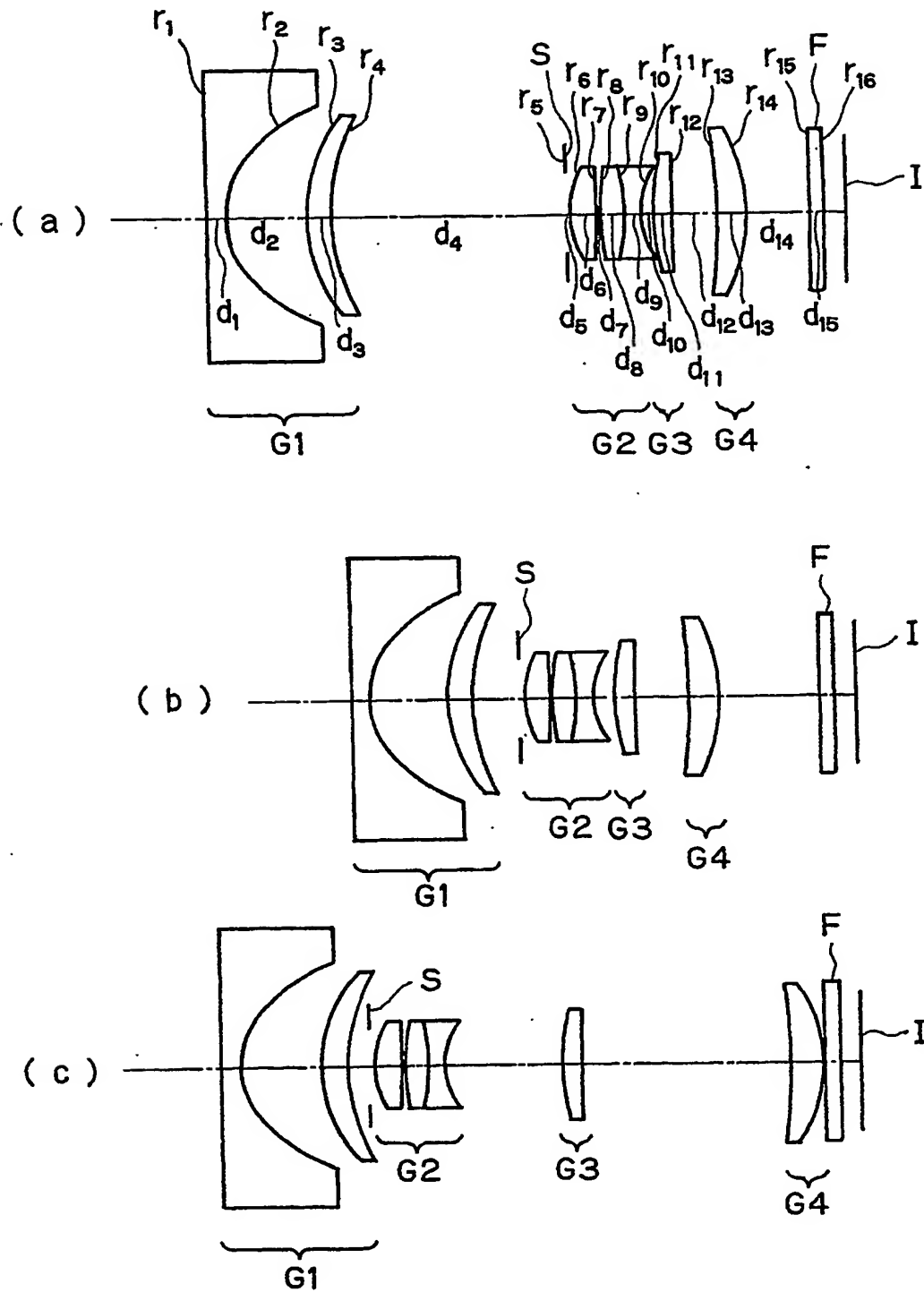
- G 1…第 1 レンズ群
- G 2…第 2 レンズ群
- G 3…第 3 レンズ群
- G 4…第 4 レンズ群
- S…開口絞り
- F…平行平板群
- I…像面
- E…観察者眼球
- 1 0…一体レンズ
- 1 0' …一体レンズ
- 1 0'' …一体レンズ
- 1 1…第 1 の素材
- 1 2…第 2 の素材
- 1 3…第 2 の素材に形成されている穴
- 1 4…成型型の下押型
- 1 5…成型型の上押型
- 1 6…凸形状部
- 1 7…凹形状部
- 4 0…デジタルカメラ
- 4 1…撮影光学系
- 4 2…撮影用光路
- 4 3…ファインダー光学系
- 4 4…ファインダー用光路
- 4 5…シャッター
- 4 6…フラッシュ
- 4 7…液晶表示モニター

4 9 ... C C D
5 0 ... カバー部材
5 1 ... 処理手段
5 2 ... 記録手段
5 3 ... ファインダー用対物光学系
5 5 ... ポロプリズム
5 7 ... 視野枠
5 9 ... 接眼光学系
1 1 2 ... 対物レンズ
1 1 3 ... 鏡枠
1 1 4 ... カバーガラス
1 6 0 ... 撮像ユニット
1 6 2 ... 撮像素子チップ
1 6 6 ... 端子
3 0 0 ... パソコン
3 0 1 ... キーボード
3 0 2 ... モニター
3 0 3 ... 撮影光学系
3 0 4 ... 撮影光路
3 0 5 ... 画像
4 0 0 ... 携帯電話
4 0 1 ... マイク部
4 0 2 ... スピーカ部
4 0 3 ... 入力ダイアル
4 0 4 ... モニター
4 0 5 ... 撮影光学系
4 0 6 ... アンテナ
4 0 7 ... 撮影光路

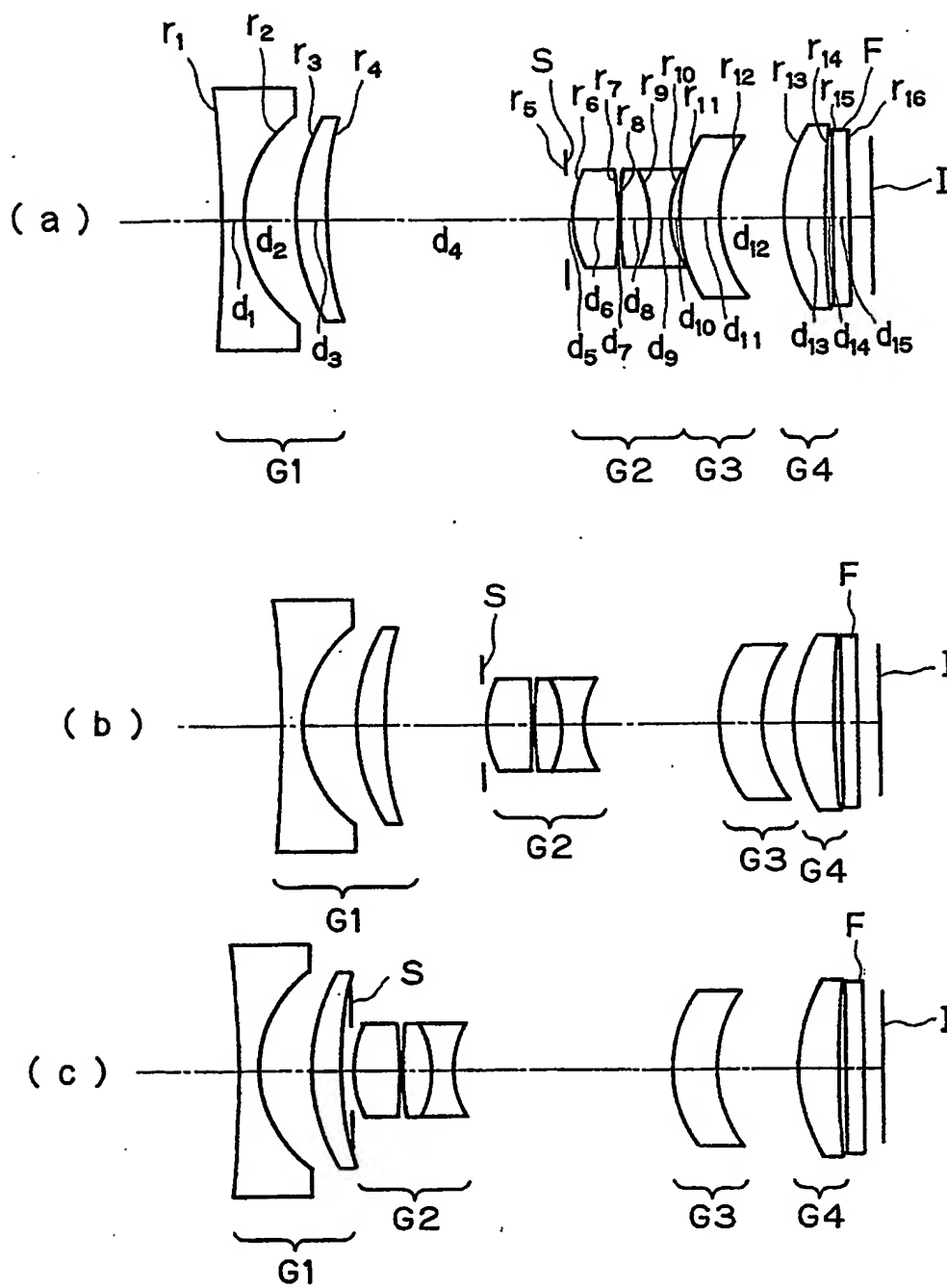
【書類名】 図面
【図 1】



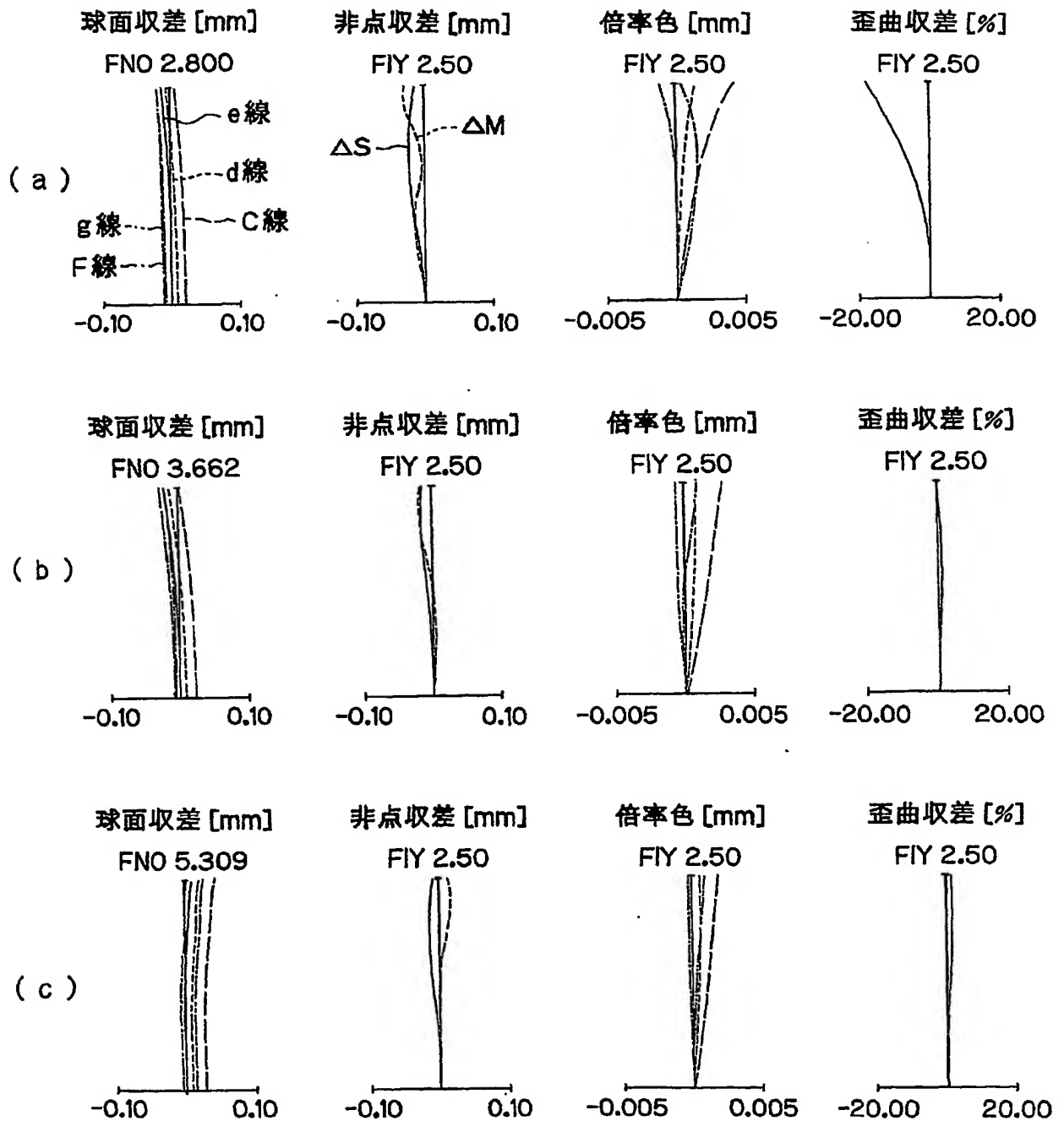
【図 2】



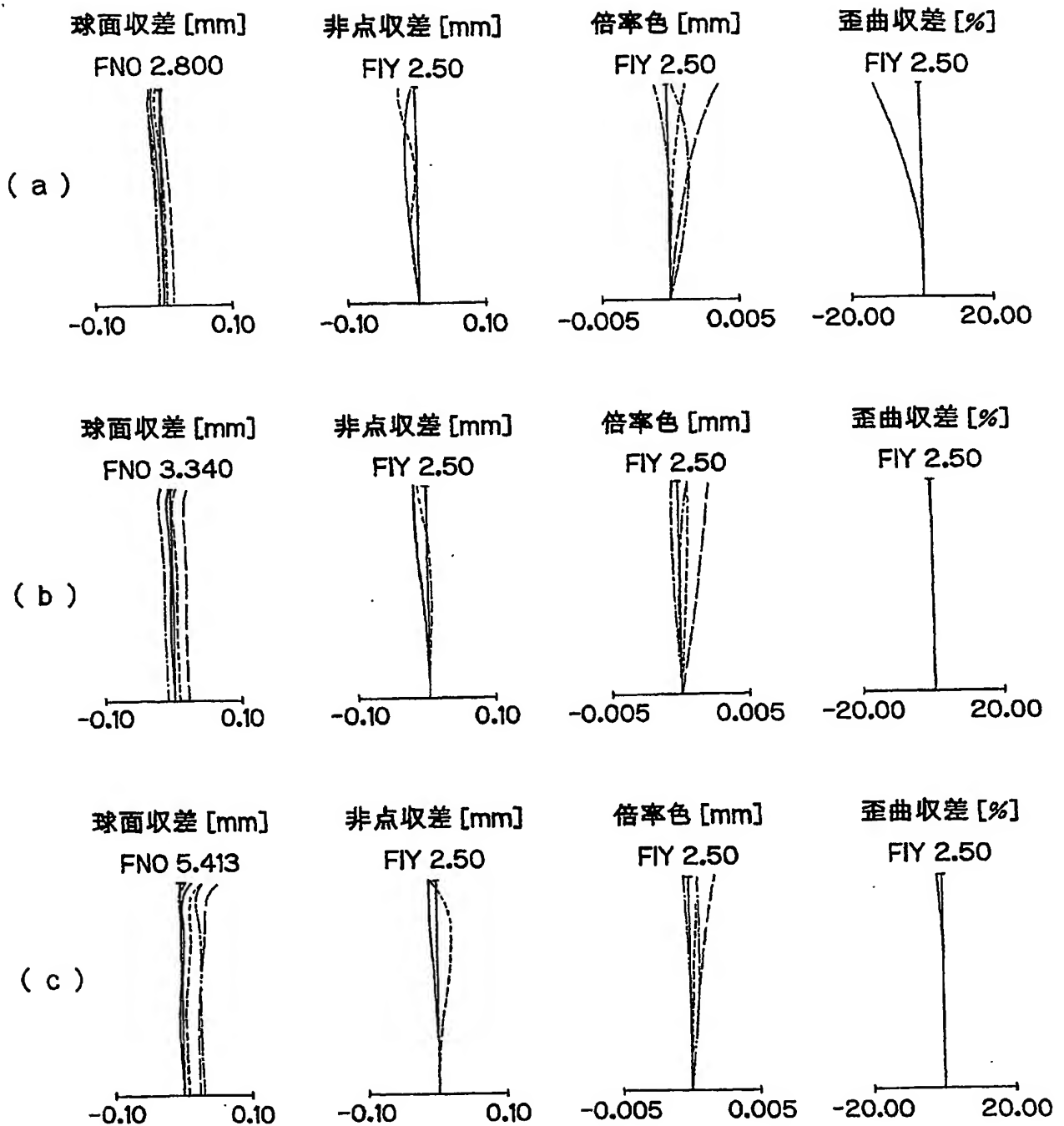
【図 3】



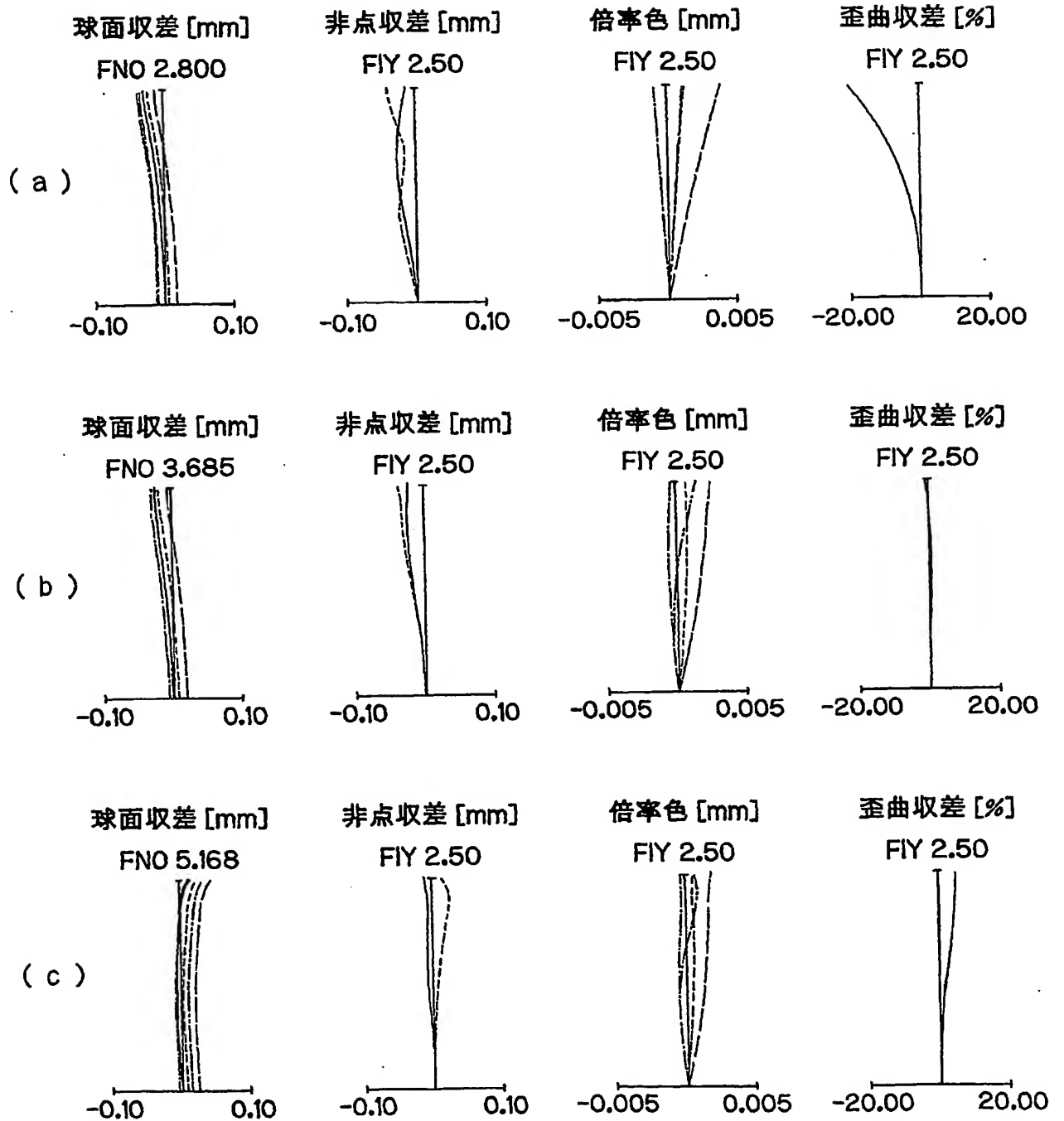
【図 4】



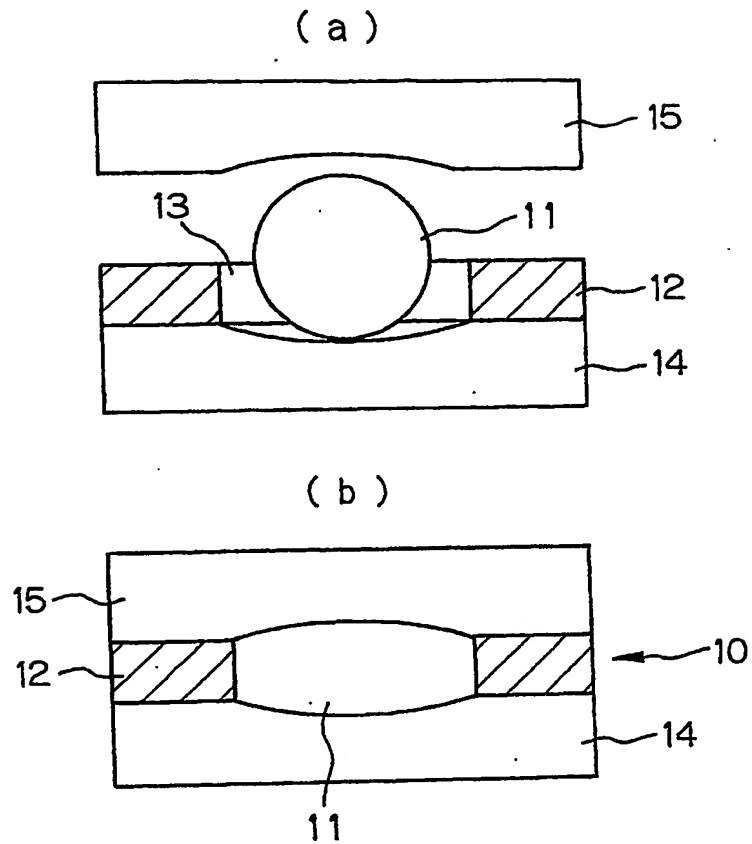
【図 5】



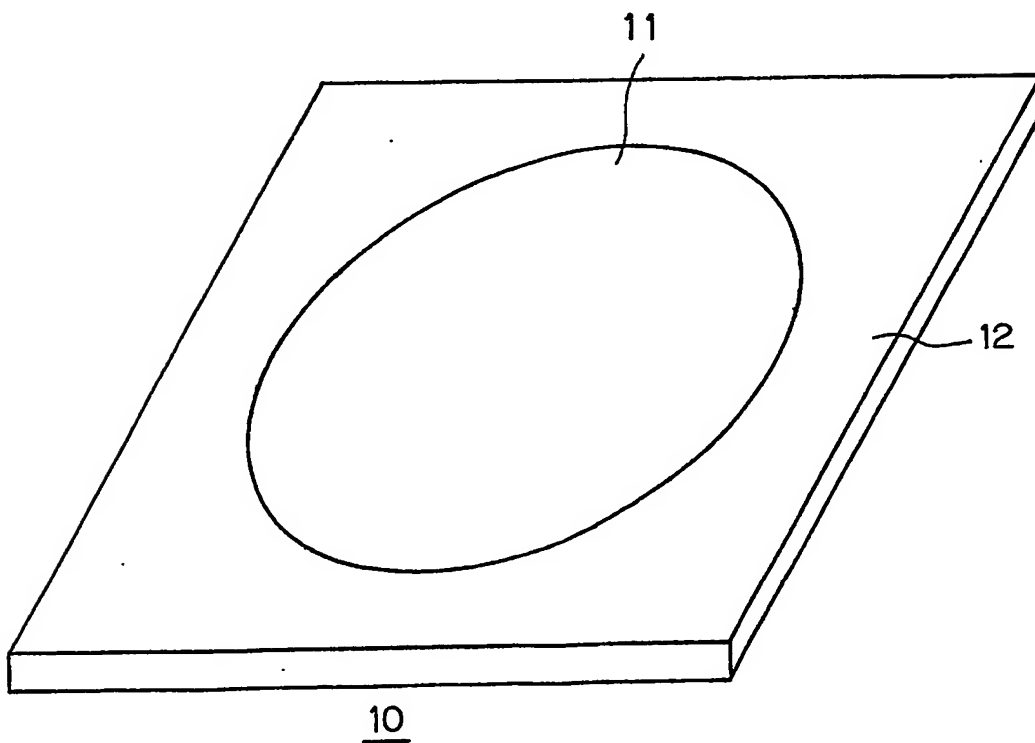
【図 6】



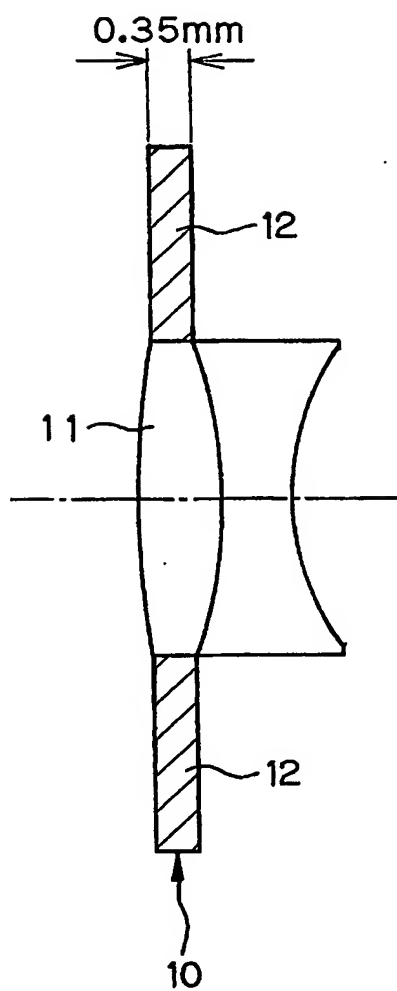
【図 7】



【図 8】

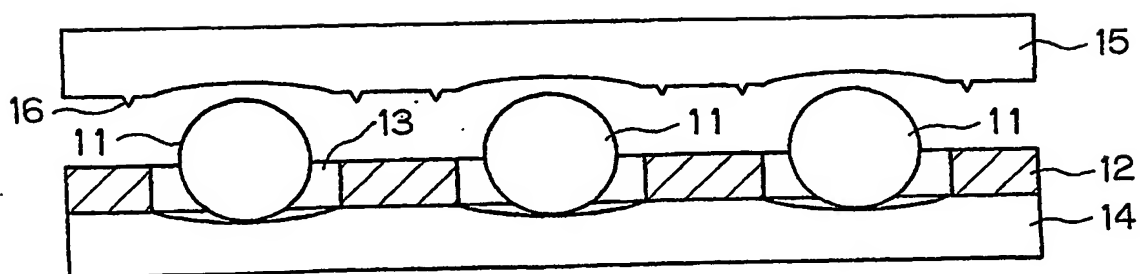


【図 9】

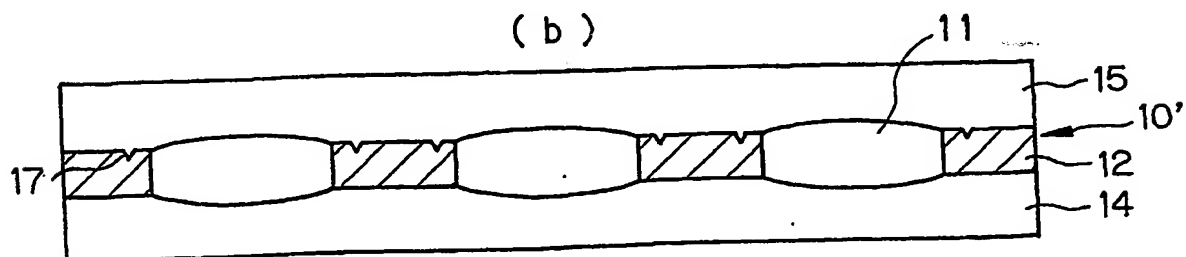


【図 10】

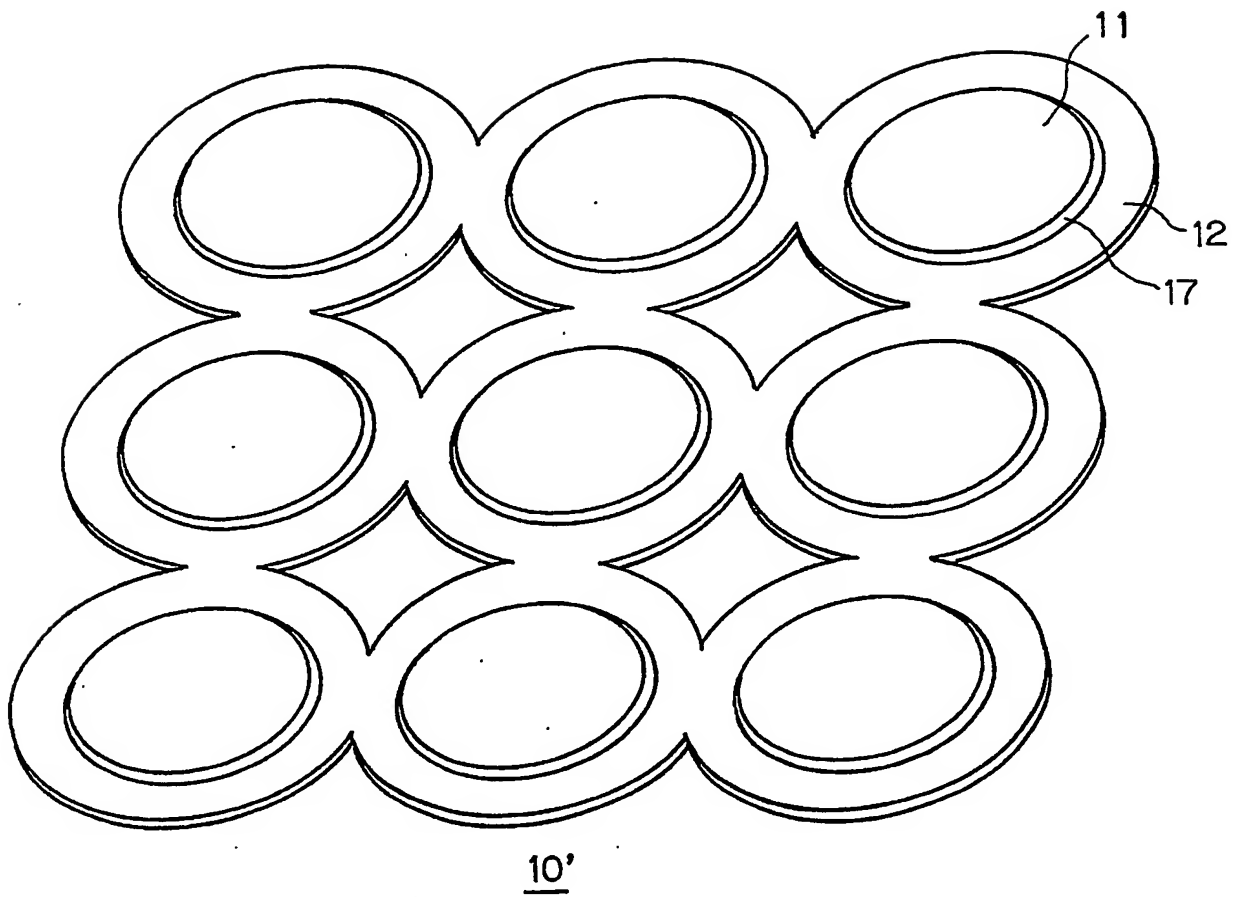
(a)



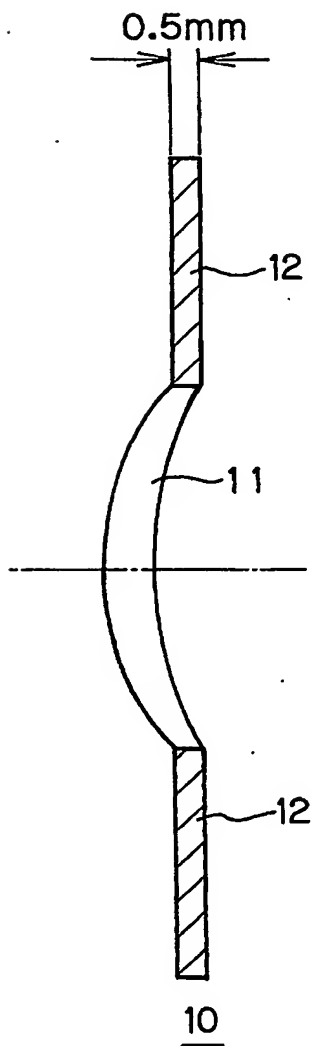
(b)



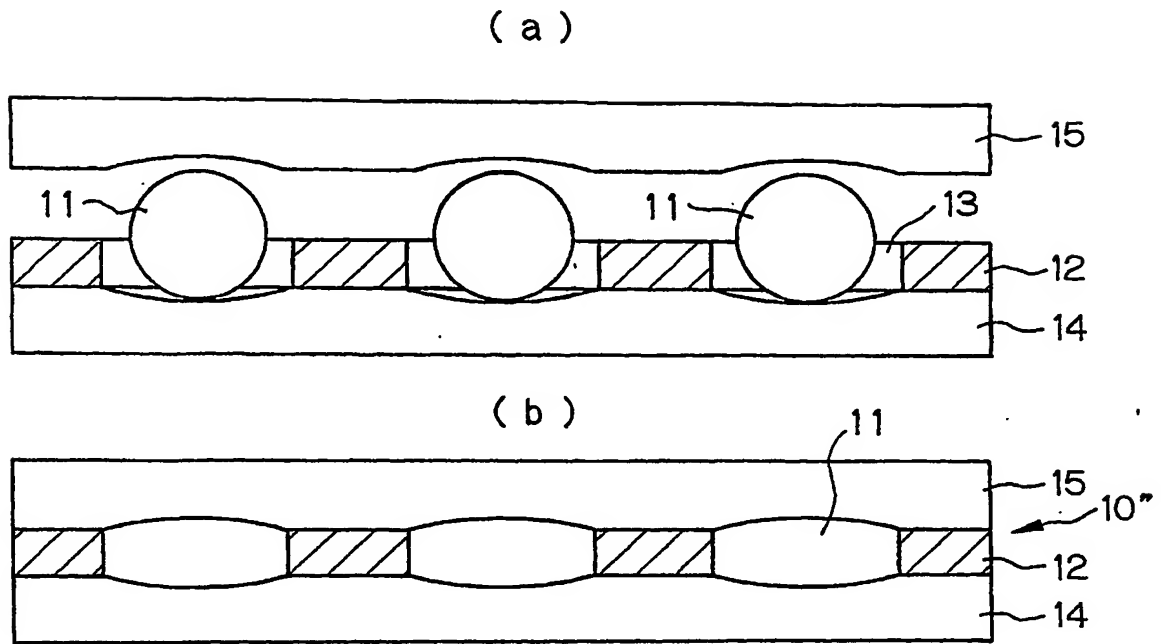
【図 11】



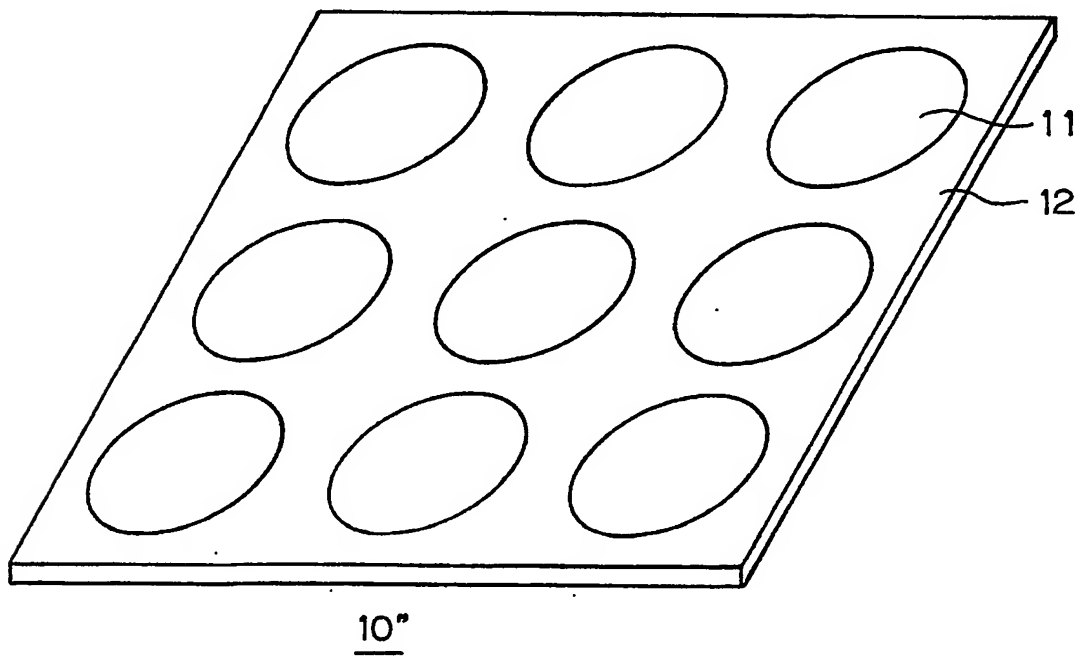
【図 12】



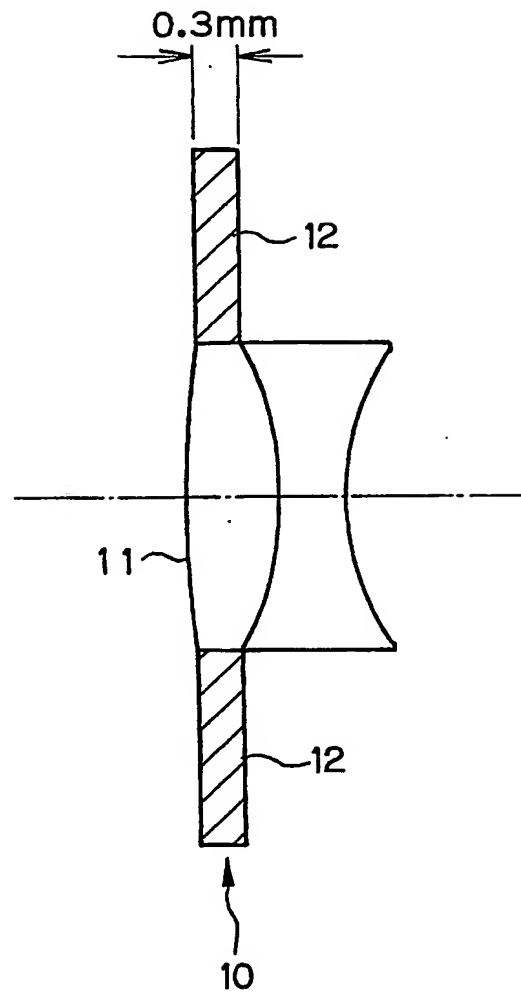
【図 13】



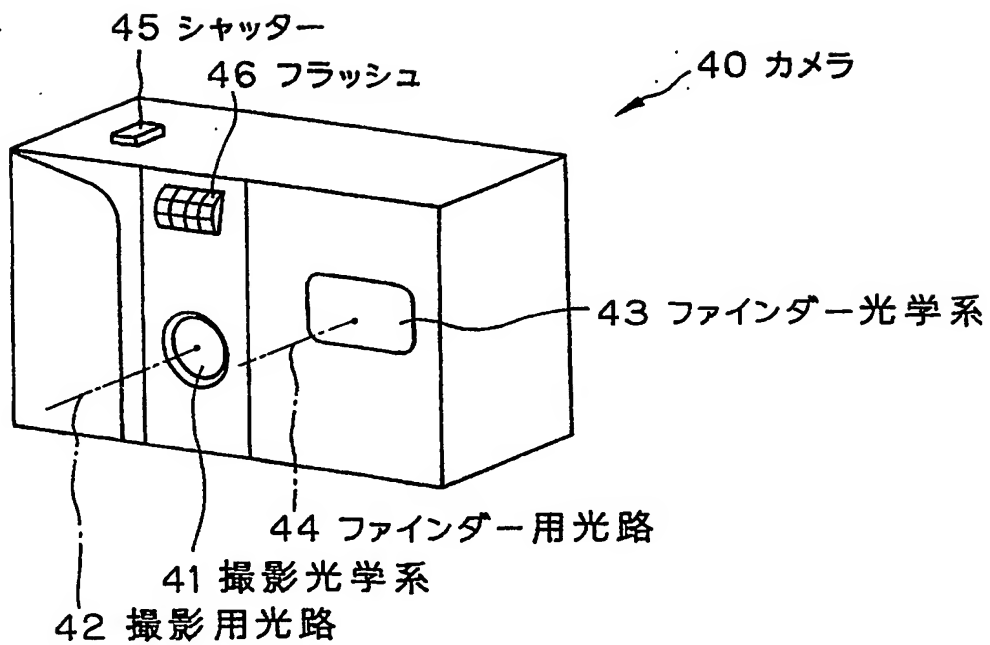
【図 14】



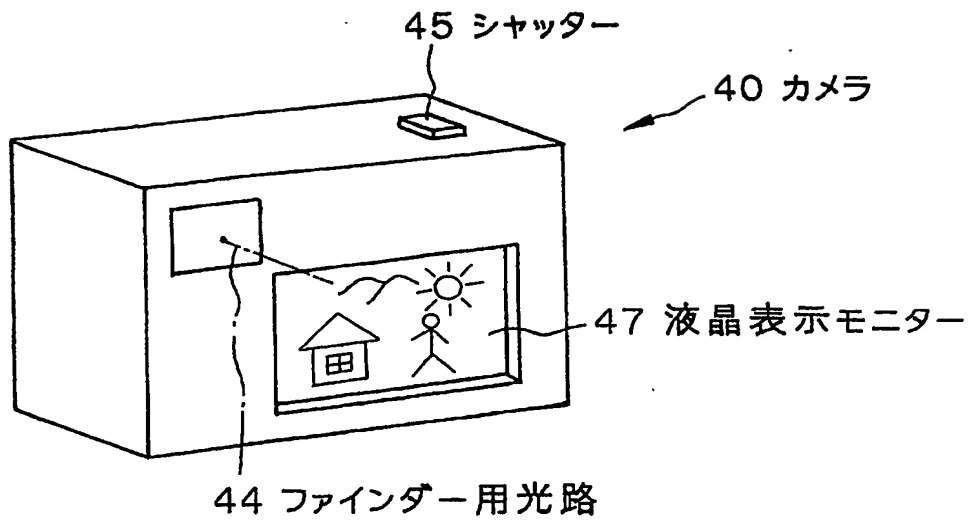
【図15】



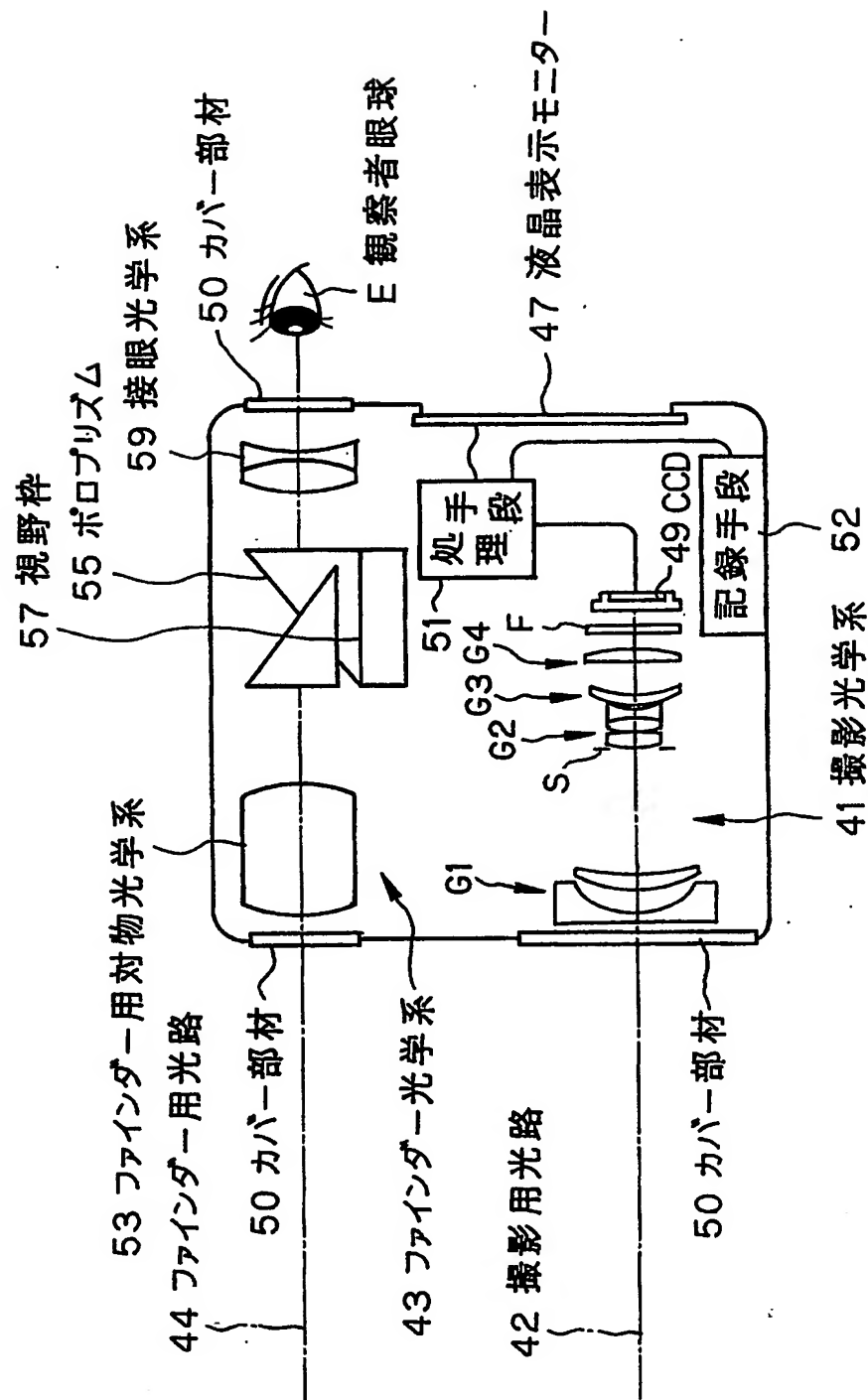
【図16】



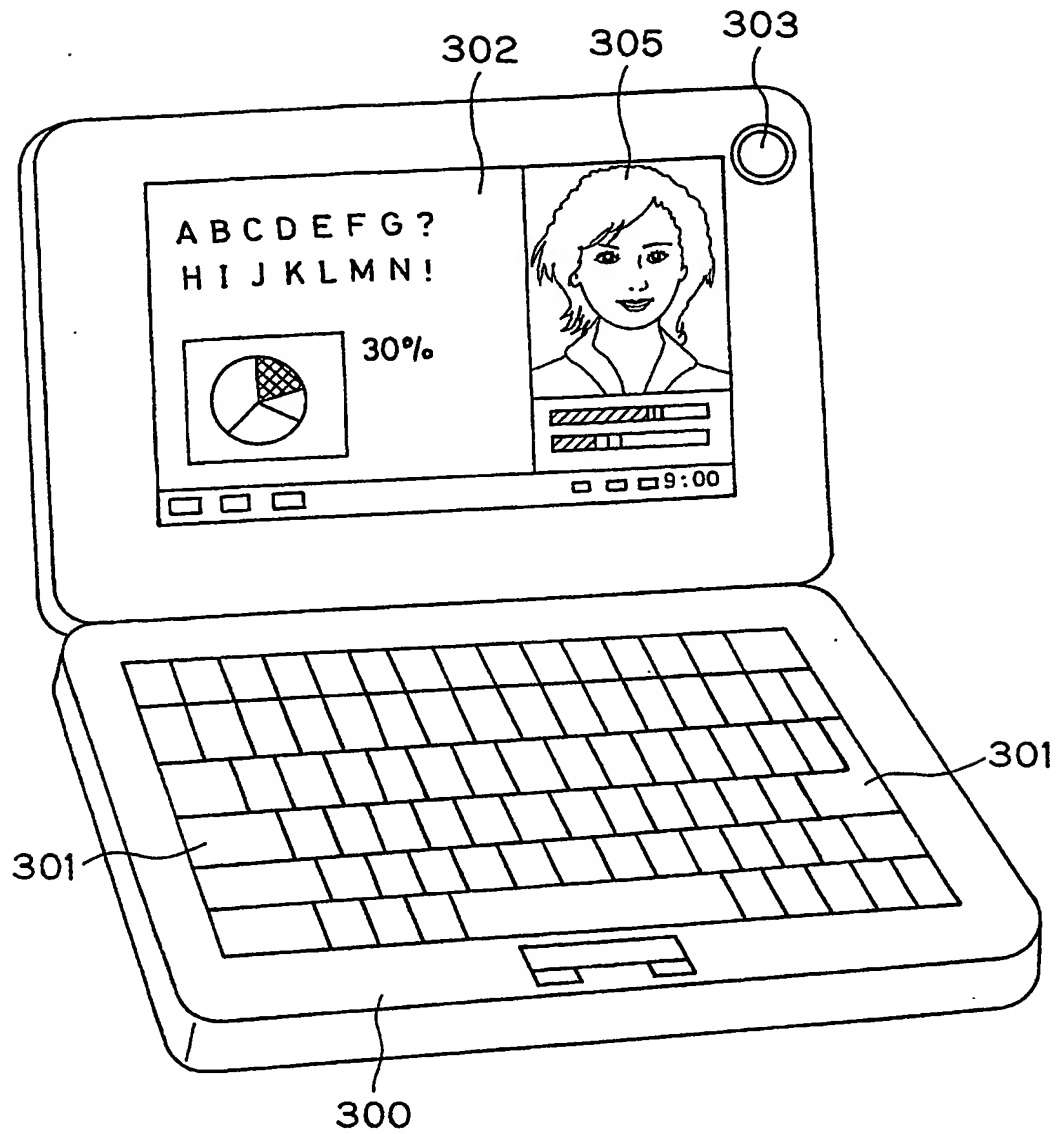
【図 17】



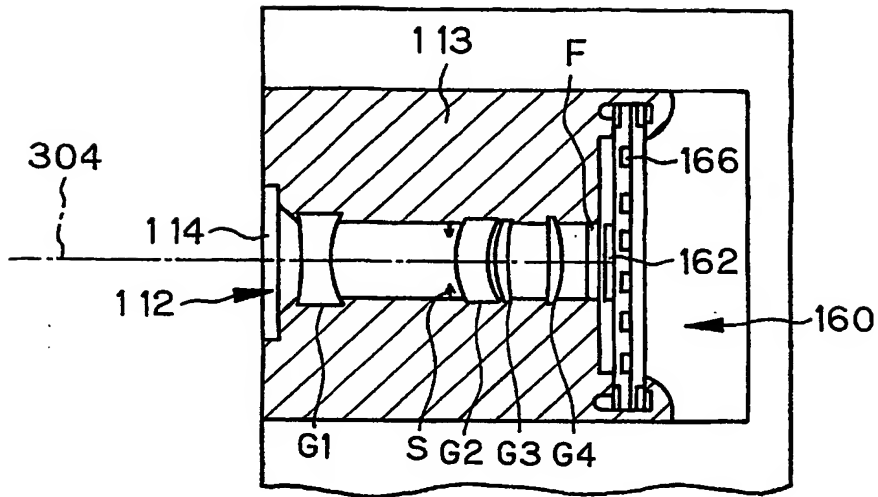
【図 18】



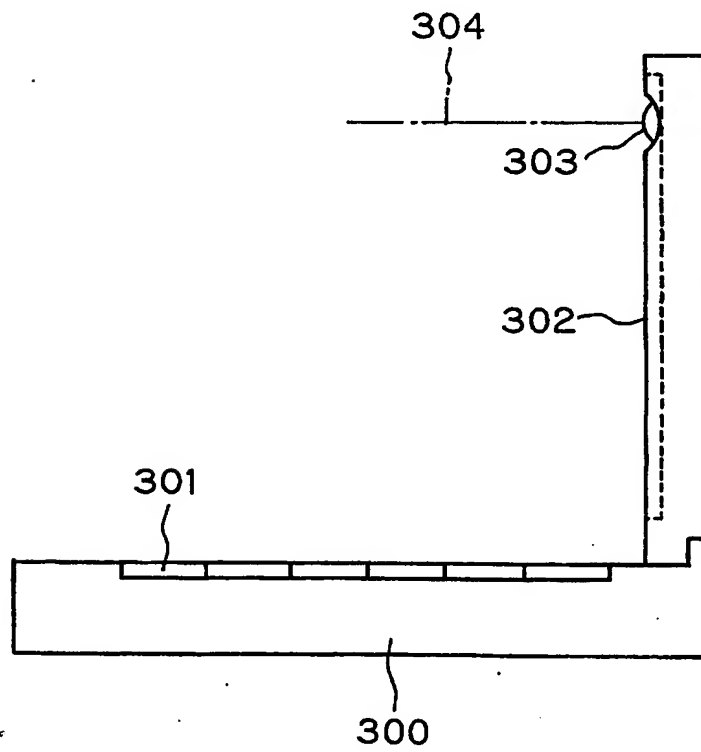
【図 19】



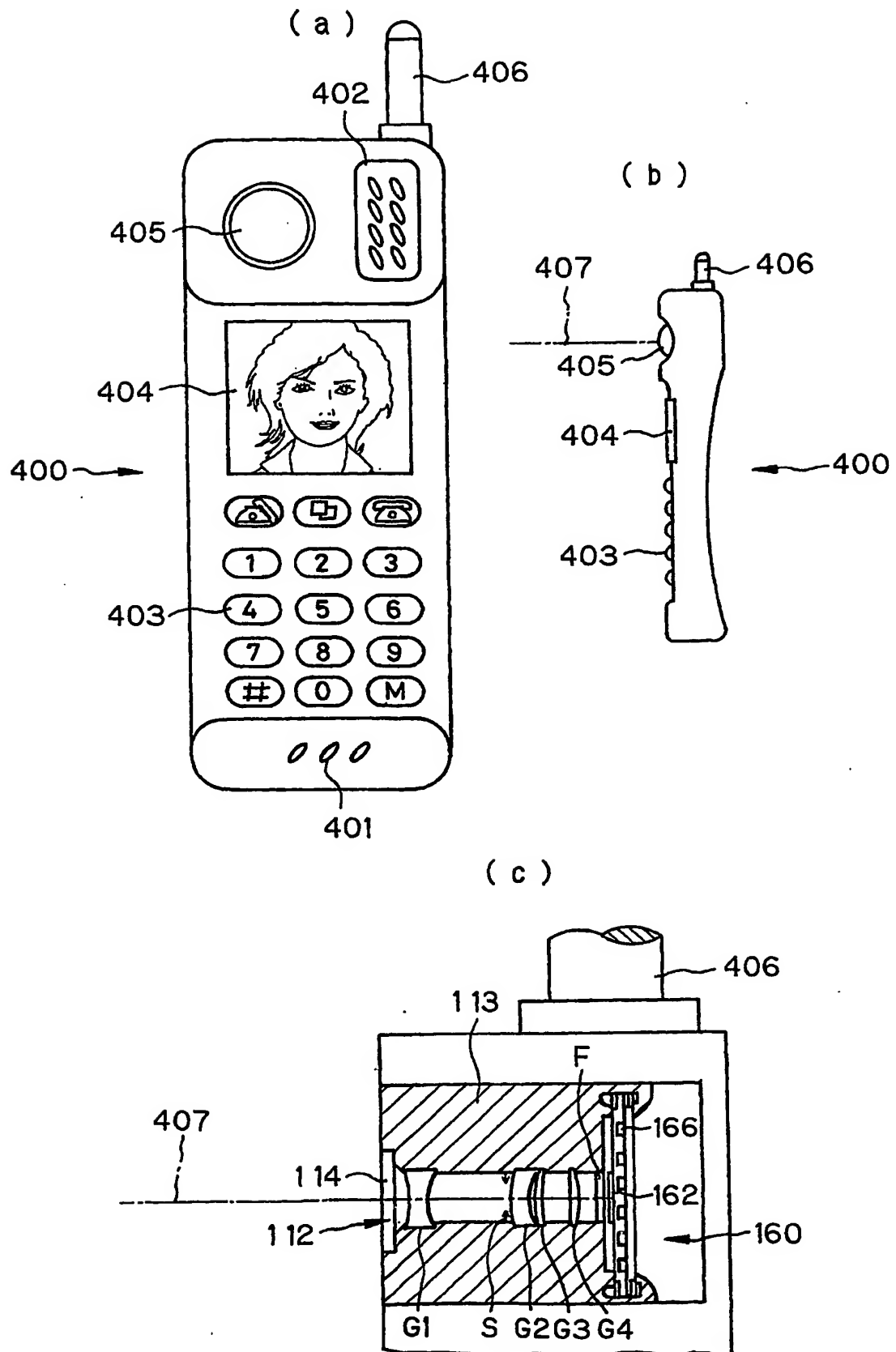
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低コスト化と小型化との両立が効果的に可能な変倍光学系とそれを用いた電子機器。

【解決手段】 負の屈折力を有する第1群G1と、正の屈折力を有する第2群G2と、正の屈折力を有する第3群G3と、正の屈折力を有する第4群G4とから構成された変倍光学系であって、少なくとも1枚のレンズが、成形後において少なくとも光学機能面を含む面となる第1の素材と、成形後において少なくとも光学機能面を含む面以外の面となる第2の素材とを用いて成形され、第1の素材と第2の素材とが一体化された一体レンズからなる変倍光学系。

【選択図】 図1

特願 2003-393937

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000000376]

1. 変更年月日

2003年10月 1日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名

オリンパス株式会社